



TUGAS AKHIR – ME 141501

**Analisa Evakuasi Penumpang dan ABK Kapal
PT. Pelni dalam Kondisi *List* dan Kebakaran**

REFAN TRISNA WIJAYA
NRP. 4212 100 013

Dosen Pembimbing I
Dr. Eng. Trika Pitana, ST, M.Sc

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2016



FINAL PROJECT – ME 141501

***The Analysis of Evacuation of Passanger and Crew on
PT.Pelni Ship in List and Fire Condition***

REFAN TRISNA WIJAYA

NRP. 4212 100 013

Supervisor

Dr. Eng. Trika Pitana, ST, M.Sc

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA EVAKUASI PENUMPANG DAN ABK KAPAL PT. PELNI DALAM KONDISI LIST DAN KEBAKARAN

TUGAS AKHIR

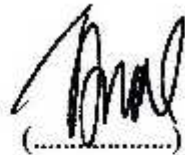
**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada Bidang Studi Reliability, Availability,
Maintanability, dan Safety (RAMS)
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

REFAN TRISNA WIJAYA
Nrp. 4212 100 013

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Eng. Trika Pitana, ST, M.Sc


(.....)

**SURABAYA
JULI, 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA EVAKUASI PENUMPANG DAN ABK KAPAL PT. PELNI DALAM KONDISI LIST DAN KEBAKARAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada

Bidang Studi *Reliability, Availability, Maintainability, dan Safety*
(RAMS)

Program Studi S-1 Reguler Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

REFAN TRISNA WIJAYA

Nrp. 4212 100 013

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, M.T

NIP. 197708022008011007

ANALISA EVAKUASI PENUMPANG DAN ABK KAPAL PT. PELNI DALAM KONDISI LIST DAN KEBAKARAN

Nama Mahasiswa : Refan Trisna Wijaya
NRP : 4212 100 013
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Trika Pitana, ST, M.Sc

Abstrak

Penelitian ini membahas mengenai waktu evakuasi pada beberapa kecelakaan yang memungkinkan terjadi di kapal penumpang. Beberapa Permasalahan yang akan dibahas mengenai bahaya dari kebakaran, tabrakan serta kecelakaan yang menyebabkan kapal terbalik. Penelitian ini akan membahas tentang tempat dimana terjadi potensi yang menyebabkan terjadinya kebakaran, lalu kemungkinan apabila terjadi tabrakan atau kandasnya kapal hingga menyebabkan kebocoran sehingga kapal tenggelam ataupun terbalik.

Metode yang dilakukan yakni dengan menggunakan Agent Based Model Simulation (ABMS), dengan pengembangan permasalahan yang menggunakan metode uji normalitas, uji sampel penelitian dan permodelan kebakaran.

Perhitungan hasil simulasi evakuasi pada kondisi normal yakni kasus utama pada malam hari yakni 54,35 menit, kasus utama di siang hari 44,38 menit, Kasus sekunder malam 63,11 menit dan Kasus sekunder siang 58,24 menit. Perhitungan hasil simulasi pada kasus list yakni didapatkan perbandingan dengan kondisi normal sesuai dengan kondisi waktu proses simulasi. Maka didapatkan perbedaan yakni untuk kasus waktu siang pada trim 10⁰ waktu total evakuasi naik sebesar 13,1% dan pada kondisi heel

20⁰ naik sebesar 9,7%. Sedangkan pada kasus malam, waktu total untuk evakuasi pada trim 10⁰ naik sebesar 6,8% dan pada kondisi heel 20⁰ naik sebesar 5%. Dari hasil perhitungan waktu total simulasi proses evakuasi pada kondisi kebakaran maka didapatkan perbandingan dengan kondisi normal sesuai dengan kondisi waktu proses simulasi. Maka didapatkan perbedaan yakni untuk kasus waktu siang, waktu total untuk evakuasi pada kebakaran di siang hari waktu total evakuasi naik sebesar 34% dan pada kondisi kebakaran di malam hari naik sebesar 22%.

Kata kunci : Evakuasi, Kebakaran, Kecepatan Berjalan

The Analysis of Evacuation of Passenger and Crew on PT.Pelni Ship in List and Fire Condition

Name : Refan Trisna Wijaya
NRP : 4212 100 013
Department : Marine Engineering
Supervisor : Dr. Eng. Trika Pitana, ST, M.Sc

Abstract

This study discussed about evacuation time on several accidents that occurred on passenger ship. Some Issues to be discussed about the dangers of fires, collisions and accidents that caused to the vessel listed. This research will discuss about the potential place that caused of the fire, and the possibility in case of collision ship, causing a leak so that the ship sank, or capsized.

The method is performed by using the Agent Based Simulation Model (ABMS), with development problems using normality test, samples of research and modeling fire.

Calculation time of evacuation simulation results under normal conditions the main cases at night that is 54.35 minutes, the main case in 44.38 minutes during the day, evening secondary Cases 63.11 minutes and 58.24 minutes during the secondary case. The calculation of the simulation results in the case of list the obtained comparison with normal conditions in accordance with the conditions of the simulation processing time. So the difference is obtained for the case of daylight savings time at a trim 10⁰ total evacuation time increased by 13.1% and on the condition of heel 20⁰ rised by 9.7%. Whereas in the case of night, the total time for the evacuation of the trim 10⁰ rised by 6.8% and on the condition of heel 20⁰ rised by 5%. From the calculation of total simulation time of the evacuation process the fire conditions are obtained comparison with normal conditions in accordance with the conditions of the simulation processing time. So the difference is

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri jasa angkutan laut dengan menggunakan kapal laut merupakan jasa angkutan yang berperan dalam jasa pengangkutan barang dan penumpang. Sektor transportasi selain sebagai sektor penunjang sektor lain, juga sebagai urat nadi dalam pembangunan nasional. Transportasi terdiri dari tiga moda antara lain darat, laut dan udara.

Di dalam sistem transportasi nasional terdapat sektor transportasi laut yang merupakan bagian strategis dari sistem transportasi nasional dan merupakan faktor penting dalam menunjang aktivitas perdagangan. Pulau-pulau di Indonesia hanya bisa tersambung melalui laut-laut di antara pulau-pulainya. Laut bukan pemisah, tetapi pemersatu berbagai pulau, daerah dan kawasan Indonesia. Hanya melalui perhubungan antar pulau, antar pantai, kesatuan Indonesia dapat terwujud. Pelayaran yang menghubungkan pulau-pulau, adalah urat nadi kehidupan sekaligus pemersatu bangsa dan Negara Indonesia. Sektor pelabuhan memerlukan suatu kesatuan yang terintegrasi dalam melayani kebutuhan dari sarana transportasi. Ujung tombak dari kepelabuhan tersebut adalah sektor jasa dalam melayani jasa kepelabuhan dan transportasi laut tentunya.

Meskipun demikian, transportasi sektor laut tidak selalu aman terhadap bahaya yang mengancam penumpang maupun ABK dari kapal. Data dari kasus yang telah ditangani KNKT menunjukkan bahwa pada tahun 2007 hingga 2013 terdapat berbagai macam jenis kecelakaan yang disebabkan oleh beberapa penyebab seperti yang disajikan tabel dibawah ini.

Tabel 1.1 Data Dari Kasus yang Telah Ditangani KNKT Tahun 2007 Hingga 2013

Tahun	Jumlah Kecelakaan	Jumlah Kecelakaan			Korban		Rekomendasi
		Kapal Tenggelam	Kapal Terbakar	Kapal Tubrukan	Jiwa	Luka-luka	
2007	7	3	3	0	100	104	73
2008	5	3	3	0	10	51	30
2009	4	1	1	1	447	0	68
2010	5	1	1	3	15	85	45
2011	6	3	3	2	86	386	82
2012	4	2	2	2	13	10	28
2013	5	2	2	2	65	9	0
Total	36	15	15	10	736	645	326

Sumber : KNKT

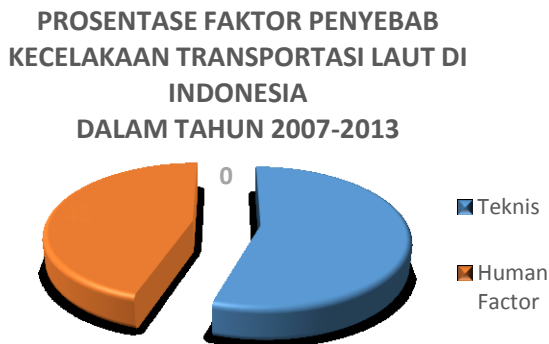
Pada Tabel 1.1 diatas dapat disimpulkan bahwa terjadi berbagai jenis kecelakaan yang mengakibatkan jatuhnya korban jiwa maupun luka-luka. Jumlah kecelakaan pada tahun 2007 hingga 2013 relatif konstan dan tidak ada penurunan yang signifikan. Meskipun demikian penurunan jumlah kecelakaan harus dikurangi atau minimal jumlah korban dapat ditekan seminimal mungkin.



Gambar 1.1. Sebaran Tingkat Kecelakaan Transportasi Laut di Indonesia Tahun 2007 Hingga 2013

Sumber : Analisis Data Kecelakaan Dan Investigasi Transportasi Laut KNKT

Pada gambar 1.1 diatas, dapat dilihat bahwa penyebaran sejumlah kecelakaan yang terjadi pada rentang tahun 2007 hingga 2013, laut jawa menyumbang jumlah kecelakaan yang tertinggi disusul dengan selat makassar dan selat sunda. Hal ini disinyalir karena tingginya aktifitas di laut jawa. Sehingga dapat memicu berbagai faktor yang mengakibatkan jumlah kecelakaan yang tinggi.



Gambar 1.2. Prosentase Faktor Penyebab Kecelakaan Transportasi Laut di Indonesia Dalam Tahun 2007-2013

Sumber : Analisis Data Kecelakaan Dan Investigasi Transportasi Laut KNKT

Pada gambar 1.2 diatas dapat disimpulkan bahwa faktor teknis merupakan faktor dominan penyebab terjadinya kecelakaan kapal saat berlayar, meskipun demikian faktor manusia juga berperan dalam terjadinya kecelakaan, sebagai contoh pemilihan keputusan yang salah dapat juga mengakibatkan naiknya faktor penyebab kecelakaan. Tidak ada faktor cuaca yang dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan secara langsung mengingat perairan Indonesia relatif tenang dan ombak laut yang relatif tidak terlalu tinggi sehingga dapat diatasi oleh kapal tersebut.

Dari beberapa sajian data statistik diatas, sangat penting untuk menekan jumlah angka korban jiwa maupun luka-luka akibat kecelakaan kapal yang terjadi. Oleh karena itu maka dibutuhkan evaluasi penanganan evakuasi terhadap penumpang maupun awak kapal saat terjadi kecelakaan kapal atau sesuatu yang tidak diinginkan. Dengan menekan waktu evakuasi seminimal mungkin maka akan sangat dimungkinkan berkurangnya jumlah korban jiwa maupun luka-luka apabila kapal mengalami kecelakaan.

Selama ini analisis evakuasi yang digunakan untuk mengevaluasi evakuasi penumpang dan kru kapal menggunakan data kecepatan berlari yang dikeluarkan oleh IMO (International Maritime Organization) di dalam IMO MSC.1/Circ.1238. Meskipun IMO merupakan organisasi kemaritiman dunia yang membuat standar dan aturan mengenai maritim untuk skala internasional, oleh karena itu direncanakan penelitian mengenai pengaplikasian standar IMO MSC.1 /Circ.1238. dengan objek penelitian penumpang yang menggunakan transportasi kapal di Indonesia.

Permasalahan mengenai proses evakuasi penumpang maupun ABK pada saat keadaan yang berbahaya harus dilakukan, terutama pada kapal penumpang. Bahaya yang terbesar terdiri dari kebakaran, kapal tenggelam dan tubrukan. Kecelakaan laut sering terjadi dan mengakibatkan hilangnya nyawa maupun kerugian materiil bagi beberapa pihak. Diberbagai kasus, proses evakuasi di kapal harus diperhatikan dan dipertimbangkan, rute yang di desain untuk jalur evakuasi harus memperhatikan interaksi antar manusia pada saat proses evakuasi dan beberapa faktor lainnya. Selain itu, metode untuk mencari waktu evakuasi sebagai fungsi distribusi awal penumpang dan evakuasi.

Penelitian ini memperhatikan mengenai beberapa kecelakaan yang memungkinkan terjadi di kapal penumpang. Hal ini dirasa penting karena pada kenyataannya banyak kasus evakuasi penumpang maupun ABK di kapal tidak selalu berhasil sehingga diperlukan penelitian untuk dapat menganalisisnya secara terperinci. Sebagai contoh yakni tenggelamnya KM. Senopati

Nusantara yang dinyatakan hilang pada 30 Desember 2006 sekitar pukul 03.00. Kapal itu tengah menempuh pelayaran dari Teluk Kumai, Kalimantan Tengah, menuju Semarang, Jawa Tengah, sejak 28 Desember pukul 20.00 WIB. Kecelakaan tersebut mengakibatkan 347 Hilang di Laut Jawa karena kegagalan evakuasi. Selain itu, kegagalan evakuasi mengakibatkan 247 orang hilang dalam bencana maritim terburuk di Korea Selatan sejak 21 tahun terakhir yakni pada kapal feri Sewol.

Permasalahan yang akan dibahas mengenai bahaya dari kebakaran, tabrakan serta kecelakaan yang menyebabkan kapal terbalik. Penelitian ini akan membahas tentang tempat dimana terjadi potensi yang menyebabkan terjadinya kebakaran, lalu kemungkinan apabila terjadi tabrakan atau kandasnya kapal hingga menyebabkan kebocoran sehingga kapal tenggelam ataupun terbalik. Tugas akhir ini menyajikan probabilitas tabrakan, kandasnya kapal serta kebakaran dan juga menyelidiki kemungkinan kejadian setelah insiden, misalnya kemungkinan banjir, tenggelam dan terbalik, dan ekspektasi waktu tenggelam, dll. Evakuasi jika terjadi tabrakan dan kandas juga dipertimbangkan serta konsekuensi diperkirakan dalam hal jatuhnya korban jiwa. Risiko yang terkait dengan tabrakan dan kandasnya kapal akan dikomparasikan dengan kecelakaan kebakaran di kapal.

1.2 Perumusan dan Pembatasan Masalah

Dari uraian di atas maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh bahaya kebakaran dan kandasnya kapal yang mengakibatkan kapal tenggelam atau terbalik dengan proses evakuasi penumpang?
2. Bagaimana karakteristik penumpang kapal dan ABK mengenai kecepatan berjalan ?
3. Bagaimana mensimulasikan proses evakuasi pada saat terjadi bahaya yang mengancam?
4. Bagaimana perbandingan data hasil simulasi, waktu yang tersedia dalam keadaan darurat serta standar yang digunakan?

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Kapal Yang diobservasi yakni 1 kapal milik PT.PELNI 2000 pax yang akan ditentukan pada saat studi observasi dengan jenis kapal penumpang yang berada di Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya.
2. Pengambilan data *walking speed* dilakukan sesuai *drilling-test* ABK serta *walking speed* penumpang dalam keadaan normal.
3. Tidak membuat desain safety plan rencana umum ulang untuk kapal yang telah diobservasi yang tidak memenuhi standar.
4. Permasalahan yang diambil adalah bahaya kebakaran pada kapal dan kecelakaan yang mengakibatkan kapal tenggelam.
5. Mengasumsikan waktu yang dibutuhkan pada saat kapal tenggelam.
6. Permodelan simulasi evakuasi diasumsikan mempunyai *route management* dan *control* yang baik sehingga kepanikan dapat diminimalisir serta tidak berpengaruh terhadap kecepatan berjalan penumpang maupun ABK.

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh bahaya kebakaran dan kandasnya kapal yang mengakibatkan kapal tenggalam atau terbalik dengan proses evakuasi penumpang.
2. Mengetahui karakteristik penumpang kapal dan ABK mengenai kecepatan berjalan di kondisi normal dan panik diatas kapal.
3. Mengetahui cara simulasi secara relevan pada proses evakuasi saat terjadi bahaya yang mengancam dengan permodelan tertentu.
4. Mengetahui perbandingan data hasil simulasi, waktu yang tersedia dalam keadaan darurat serta standar yang digunakan.

1.4 Manfaat

1. Memberikan wawasan mengenai proses evakuasi yang merujuk pada kecepatan berjalan penumpang maupun ABK sesuai standar yang berlaku.
2. Memberikan gambaran kepada desainer kapal, khususnya kapal Penumpang agar mempertimbangkan akses maupun titik evakuasi agar dijangkau dalam waktu seminimal mungkin oleh para penumpang dan ABK.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keselamatan Transportasi Laut

Keselamatan menjadi salah satu faktor yang dikedepankan para pengguna transportasi. Tidak terkecuali pada transportasi laut, tidak peduli dengan jarak yang dekat maupun jarak jauh. Keselamatan sangat diutamakan karena menyangkut berbagai macam kerugian, apabila faktor keselamatan tidak terpenuhi maka dapat mengakibatkan kerugian materi maupun waktu, bahkan dapat menyebabkan korban jiwa.

Permasalahan yang ada pada komponen keselamatan transportasi laut , antara lain:

- Masih tingginya tingkat kecelakaan dan musibah di laut;
- Masih kurangnya tenaga pengajar yang memenuhi persyaratan (terutama pada diklat kepelautan swasta);
- Penyedia alat peraga/simulator yang masih kurang;
- Terbatasnya kapal-kapal untuk praktek laut bagi kadet, sehingga banyak kadet yang tertunda/terhambat praktek lautnya;
- Implementasi International Ship & Port Facility Security Code (ISPS Code) masih perlu dilakukan perbaikan dan bersifat menyeluruh;
- Tingkat kecukupan dan keandalan fasilitas kenavigasian relatif rendah;
- Kapal pandu dan kapal tunda di beberapa pelabuhan belum memenuhi persyaratan, baik dalam jumlah maupun kondisi teknisnya;
- Kapal patroli penjagaan dan penyelamatan (GAMAT/KPLP) yang dimiliki saat ini masih kurang baik dari kuantitas maupun kualitasnya jika dibandingkan dengan luas wilayah perairan Indonesia.

Sumber kecelakaan dapat mencakup kurang sempurna, meliputi :

- *Software* (regulasi, rule, prosedur, dst) yang belum memadai
- *Hardware* (produk teknologi sarana & prasarana) yang sudah tidak layak
- *Liveware* (license, training, dan culture) yang kurang mendukung
- *Organoware* (kelembagaan, organisasi perusahaan) yang belum kondusif.

2.2 Prosedur Evakuasi

Prosedur evakuasi merupakan suatu tata cara yang harus dilakukan ketika menemui keadaan bahaya dan melakukan proses pengungsian dari tempat terjadinya bahaya ke tempat perlindungan yang aman. Selain kelengkapan sarana penanggulangan kebakaran, aplikasi prosedur evakuasi yang tepat juga sangat diperlukan guna mengantisipasi terjadinya peristiwa kebakaran dan terbalik demi keselamatan semua kru yang berada didalam kapal tersebut. Menurut International Maritim Organization (IMO), bagian terpenting dari Ship Evacuation Plan (SEP) adalah arahan operasi dalam bentuk format komputer maupun cetakan dimana misi dan tugas kru, tahapan operasi dasar dan criteria operasi ditunjukkan.

Evakuasi terdiri dari dua bagian: Pertama mengarahkan penumpang ke titik evakuasi dan kemudian jika situasi sudah memungkinkan, *lifeboats* dan *life raft* dilepaskan untuk meninggalkan kapal yang *collapse*. Bagian pertama terutama diurus dengan memberikan jalur yang memadai pada rute evakuasi dengan mempertimbangkan jumlah penumpang maupun ABK. Metode ini memiliki kelemahan: salah satu contoh adalah bahwa *open deck* tidak perlu dimasukkan ke dalam perhitungan rute evakuasi..

Ketika kapal lebih besar, tangga, pintu dan daerah *assembly point* seharusnya juga memiliki luasan yang lebih besar

sebanding dengan jumlah orang yang ada di kapal. Oleh karena itu pengaturan proses evakuasi dari kapal yang lebih besar harus sama amannya dengan kapal yang lebih kecil. Namun, risiko utama bisa datang dari jumlah orang yang lebih banyak, yakni membimbing orang ke lokasi yang tepat, dan membuat mereka untuk mematuhi petunjuk dalam situasi panik bisa menjadi suatu tantangan karena berbagai alasan. Sebagai contoh, yakni akan lebih sulit mengkoordinir sejumlah penumpang dalam kondisi panik pada kapal penumpang dibanding dengan penumpang pada kapal Ro-Ro.

2.3 Bahaya dan Keadaan Darurat Pada kapal

Kapal laut yang melakukan aktivitasnya dapat mengalami masalah yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti cuaca, keadaan alur pelayaran, kapal, manusia, dan lain-lain yang tidak dapat diduga sebelumnya sehingga pada akhirnya menimbulkan gangguan pelayaran pada kapal. Gangguan pelayaran kadang dapat diatasi, atau perlu mendapat bantuan dari pihak lain, bahkan dapat pula mengakibatkan nahkoda dan ABK harus meninggalkan kapalnya. Keadaan gangguan pelayaran sesuai situasi dapat dikelompokkan berdasarkan kejadiannya sendiri, sebagai berikut :

- Tubrukan.
- Kebakaran / ledakan.
- Kandas.
- Orang jatuh ketengah laut.
- Pencemaran.

Keadaan darurat dapat menyebabkan kerugian bagi semua pihak, sehingga perlu dipahami kondisinya guna memiliki kemampuan dasar mengidentifikasi tanda-tanda keadaan agar situasinya mampu diatasi oleh nahkoda beserta anak buahnya maupun kerja sama dengan pihak terkait.

- Tubrukan

Keadaan darurat karena tubrukan kapal dengan kapal atau dengan dermaga maupun dengan benda tertentu akan memungkinkan terdapat situasi keusakan pada kapal,

korban manusia, tumpahan minyak ke laut, pencemaran dan kebakaran. Situasi lainnya adalah kepanikan petugas di kapal yang justru memperlambat tindakan pengamanan penyelamatan dan penanggulangan keadaan darurat tersebut.

- **Kebakaran / ledakan**
Keakaran di kapal dapat terjadi di berbagai lokasi rawan misalnya di kamar mesin, ruang muatan, gudang penyimpanan perlengkapan kapal, instalasi listrik, dan ruang akomodasi nahkoda maupun ABK.
- **Kandas**
Kapal kandas pada umumnya didahului dengan tanda-tanda putaran baling baling terasa berat, asap di cerobong mendadak menghiram, badan kapal bergetar dan kecepatan kapal berubah dan mendadak berhenti. Pada saat kandas, kapal tidak bergerak dan posisi kapal akan sangat bergantung pada permukaan dasar perairan dan situasi di dalam akan sangat tergantung pada keadaan kapal tersebut.
- **Kebocoran / tenggelam**
Kebocoran pada kapal dapat terjadi karena kapal kandas, tetapi dapat juga terjadi karena tubrukan maupun kebakaran serta kerusakan pelat kulit kapal karena korosi. Air yang masuk dengan cepat sementara kemampuan mengatasi kebocoran terbatas, bahkan kapal menjadi miring membuat situasi sulit diatasi. Keadaan darurat ini akan menjadi rumit apabila pengambilan keputusan dan pelaksanaannya tidak didukung sepenuhnya oleh seluruh anak buah kapal.
- **Orang jatuh ke laut**
Orang jatuh ke laut merupakan salah satu bentuk kecelakaan yang membuat situasi menjadi darurat dalam upaya melakukan penyelamatan. Pertolongan yang diberikan tidak dengan mudah dilakukan karena akan sangat tergantung pada keadaan cuaca saat itu serta

kemampuan yang akan memberi pertolongan, maupun fasilitas yang tersedia.

- **Pencemaran**

Pencemaran laut dapat terjadi karena buangan sampah dan tumpahan minyak saat bunkering, buangan limbah muatan kapal tangki, buangan tangki yang tertumpah akibat tubrukan atau kebocoran. Upaya untuk mengatasi pencemaran yang terjadi memerlukan peralatan, tenaga manusia yang terlatih dan kemungkinan-kemungkinan risiko yang harus ditanggung oleh pihak yang melanggar ketentuan tentang pencegahan pencemaran.

2.4 Uji Normalitas Distribusi

Pengujian normalitas dimaksudkan untuk mendeteksi apakah data yang akan digunakan sebagai pangkal tolak pengujian hipotesis merupakan data empirik yang memenuhi hakikat naturalistik. Hakikat naturalistik menganut faham bahwa fenomena (gejala) yang terjadi di alam ini berlangsung secara wajar dan dengan kecenderungan berpola. Statistika berupaya memelihara kewajaran tersebut dengan proses randomisasi pengambilan sampel, dengan harapan bahwa data yang diperoleh merupakan cerminan dari kondisi yang wajar dari pada fenomena alami aspek yang diukur. Melalui proses pengambilan sampel yang memenuhi, respon dari sampel penelitian sebagai wakil populasi, diasumsikan wajar. Kecenderungan fenomena alami yang berpola seragam dan respon yang wajar tersebut memberikan data yang tidak jauh menyimpang dari kecenderungannya, yaitu kecenderungan terpola/terpusat. Untuk menguji hal itu, perlu ditempuh suatu pengujian normalitas populasi.

Uji Normalitas merupakan uji yang sering dilakukan sebagai prasyarat untuk melakukan analisis data, banyak sekali metode analisi yang mensyaratkan data harus normal misalnya analisis regresi dan lain sebagainya, bahkan ada juga yang uji normalitas pada residual model statistika. Uji normalitas dilakukan sebelum data diolah berdasarkan model-model penelitian yang

diajukan. Uji normalitas data bertujuan untuk mendeteksi distribusi data dalam suatu variabel yang akan digunakan dalam penelitian. Data yang baik dan layak untuk membuktikan model-model penelitian tersebut adalah data yang memiliki distribusi normal.

Uji Normalitas Metode Anderson-Darling

Uji Anderson Darling digunakan sebagai uji kenormalan atau kebaikan suai (goodness of fit) untuk peubah kuantitatif (Stephens, 1987). Anderson Darling Test bisa digunakan untuk menguji kenormalan berbagai macam sebaran data, yaitu sebaran normal, lognormal, eksponensial, weibull, sebaran logistik.

Anderson Darling Test ini digunakan untuk mengetahui distribusi dari data sampel. Uji ini merupakan modifikasi dari Kolmogorov Smirnov Test (K-S Test), yaitu K-S Test yang telah diboboti. K-S Test merupakan uji yang bebas distribusi, artinya tidak bergantung pada distribusi data tertentu yang diuji. Sedangkan Anderson Darling Test, menggunakan distribusi data tertentu dalam menghitung nilai kritis.

Kelebihan uji distribusi Anderson-Darling adalah uji ini lebih sensitif daripada uji distribusi Kolmogorov-Smirnov, namun mempunyai kelemahan yaitu nilai kritis tersebut harus dihitung dari setiap distribusi data sampel. Metode Anderson-Darling menunjukkan superioritas dibandingkan metode-metode yang lain (Dwahjudi,). Uji normalitas distribusi Anderson-Darling yang merupakan variasi dari uji distribusi Kolmogorov-Smirnov, yakni menggunakan p-value untuk mengukur apakah sebaran tertentu tersebut menyebar normal atau tidak. P-Value adalah peluang bahwa sampel yang diuji terletak pada distribusi normal dari suatu populasi. Jika p-value lebih kecil dari 0.05 maka tolak hipotesa awal.

Berikut statistik uji Anderson-Darling

$$A^2 = -N \cdot S$$

Dimana,

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{2i-1}{N} [\log F(Y_i) + \log(1 - F(Y_n + 1 - i))]$$

Dalam penerapannya, metode pengujian normalitas distribusi, metode aplikasi *software* dapat digunakan untuk membantu pengolahan data untuk uji normalitas distribusi khususnya metode uji normalitas Anderson-Darling.

2.5 Uji Sampel Penelitian

Populasi sebagai wilayah generalisasi yang memiliki beberapa karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari, kemudian ditarik kesimpulan. Seorang peneliti dapat mengambil sebagian saja dari populasi.

Dalam penelitian mengenai data populasi haruslah mengetahui berapa banyak sampel yang seharusnya diambil. Ukuran sampel merupakan banyaknya sampel yang harus digunakan ketika melakukan kegiatan penelitian. Sebagian ahli berpendapat bahwa sampel haruslah sebesar-besarnya. Hal ini mengandung maksud bahwa semakin banyak sampel yang diambil maka akan semakin representatif dan hasilnya dapat digeneralisasi. Akan tetapi, ukuran sampel bergantung dari jenis penelitian yang diterapkan.

Banyak cara atau rumus pendekatan untuk mengetahui ukuran sampel. Salah satu cara mengetahui data sampel yakni dengan menentukan ukuran data sampel sesuai dengan populasinya adalah dengan menggunakan rumus Slovin.

Berikut rumus empiris dari persamaan Slovin:

$$S = N / (1 + Ne^2)$$

dimana s = Jumlah sampel

N = Total Populasi

e = error / taraf signifikansi

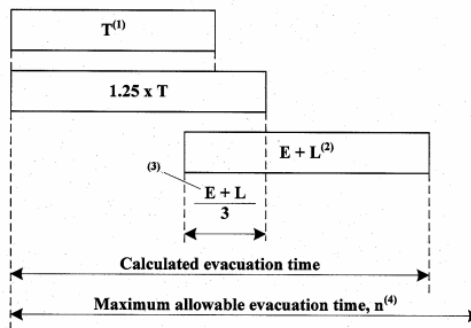
dengan demikian, penelitian atau observasi mengenai pencarian karakteristik populasi tertentu bisa didapatkan dengan hanya mengobservasi sejumlah minimum sampel sesuai persamaan diatas untuk mempermudah proses penelitian dari berbagai aspek.

2.6 Standar IMO MSC.1/Circ.1238

IMO telah memberikan standar evaluasi proses evakuasi seperti yang dijelaskan pada IMO MSC.1/Circ.1238. Standar ini digunakan untuk :

- Mengidentifikasi dan menghilangkan, sejauh mungkin, kemacetan yang dapat berkembang selama proses evakuasi, karena gerakan normal penumpang dan awak kapal di sepanjang rute evakuasi, mempertimbangkan kemungkinan bahwa ABK membutuhkan rute jalur dalam arah berlawanan dari pergerakan penumpang.
- Menunjukkan bahwa arah untuk melarikan diri dari bahaya yang cukup fleksibel, menyediakan kemungkinan jalan keluar tertentu, titik kumpul, tempat embarkasi untuk penumpang maupun ABK

. IMO MSC.1/Circ.1238 merumuskan bahwa standar performa untuk waktu evakuasi pada kapal Ro-Ro adalah $n = 60$, untuk kapal penumpang selain kapal penumpang ro-ro adalah $n = 60$ dan jika kapal memiliki tidak lebih dari tiga zona vertikal utama, dan $n = 80$ jika kapal memiliki lebih dari tiga zona vertikal utama. Standar Performa yang di publikasikan IMO MSC.1/Circ.1238 sebagai berikut



Sumber : IMO MSC.1/Circ.1238

Dimana :

1. Total waktu simulasi evakuasi
2. Maksimum 30 menit sesuai SOLAS regulation III/21.14 (dalam hal ini E+L diasumsikan sama dengan 30 menits)
3. Waktu overlap
4. Waktu yang diperbolehkan untuk proses evakuasi.

2.7 Simulasi

Simulasi merupakan sekumpulan metode dan aplikasi yang menirukan tingkah laku dari sistem nyata dan biasanya menggunakan komputer dengan menggunakan *software* yang sesuai. Pada kenyataannya, simulasi dapat bersifat umum semenjak ada ide menerapkan simulasi di segala bidang, industri dan beberapa aplikasi lain (Shannon). Banyak pendapat yang mengatakan bahwa simulasi adalah upaya melakukan pendekatan terhadap sistem nyata menggunakan model. Dari model tersebut, dilakukan percobaan beberapa kali untuk mengetahui perilaku sistem yang sebenarnya.

Peranan simulasi adalah membantu merespon adanya perubahan yang terjadi dalam suatu sistim akibat pengaruh internal maupun eksternal. Tujuan penggunaan simulasi adalah :

- Memahami perilaku sistem.
- Membuat teori-teori atau hipotesis dari sistem yang diamati.
- Menggunakan teori-teori atau hipotesa tersebut untuk memperkirakan perilaku sistem yang akan datang yaitu hasil atau efek yang dihasilkan apabila terjadi perubahan-perubahan dalam sistem atau dalam teknik operasi sistem.

2.8 Agent Based Model Simulation

Agent Based Model (ABM) adalah salah satu dari kelas model komputasi untuk mensimulasikan tindakan dan interaksi agen otonom (baik entitas individu atau kolektif seperti organisasi atau kelompok) dengan maksud untuk menilai efek mereka pada sistem secara keseluruhan .

Agent Based model simulation adalah pendekatan baru dalam simulasi permodelan sistem yang kompleks dimana agent/Individu Berinteraksi secara *autonomous* (Mengatur kepentingan sendiri) (Siswantoro, 2015). Agen memiliki perilaku lain dimana saling mempengaruhi satu sama lain. Dengan Permodelan agen secara individu, sifat keberagaman dan perilaku terhadap sistem yang dimiliki oleh agen akan secara otomatis berinteraksi antar agen.

Agent Based Model Simulation (ABMS) menawarkan cara untuk model sistem sosial, terdiri dari agen yang berrinteraksi dan mempengaruhi satu-sama lain, belajar dari pengalaman mereka, menyesuaikan perilaku sehingga cocok dengan lingkungannya. Agent Based Model Simulation memiliki beberapa skenario penting (US, Department of Transportation, 2010) yakni :

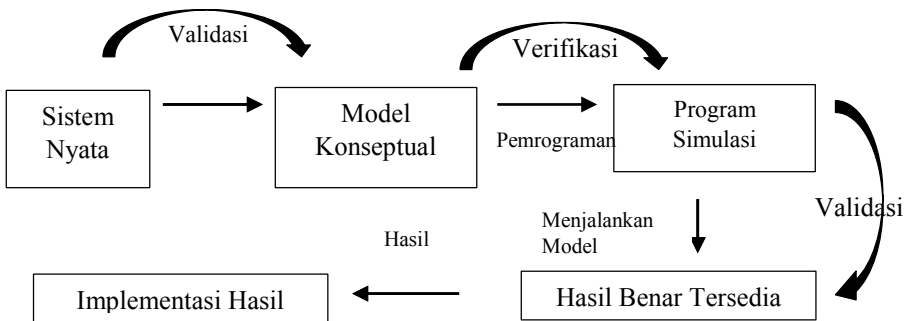
- Agen memiliki masalah mengenai representasi alam
- Ketika perubahan proses struktural membutuhkan hasil dari permodelan
- Peningkatan tingkat keacakan agen
- Terdapat kejadian yang tidak terduga / tidak terprediksi
- Terdapat komponen geospasial (obyek atau kejadian yang mencakup suatu lokasi, letak dan posisinya) yang mempengaruhi perilaku agen
- Saat agen-agen menjadi suatu kesatuan organisasi
- Agen memiliki strategi perilaku tertentu
- Agen memiliki hubungan yang dinamis dengan agen lainnya
- Agen dapat belajar, beradaptasi dan dapat merubah perilaku mereka masing-masing

2.9 Verifikasi Dan Validasi Model Simulasi

Model simulasi yang dibangun harus kredibel. Representasi kredibel sistem nyata oleh model simulasi ditunjukkan oleh verifikasi dan validasi model. Verifikasi adalah proses pemeriksaan apakah logika operasional model (program

komputer) sesuai dengan logika diagram alur. Verifikasi adalah pemeriksaan apakah program komputer simulasi berjalan sesuai dengan yang diinginkan, dengan pemeriksaan program komputer. Verifikasi memeriksa penerjemahan model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam bahasa pemrograman secara benar). Validasi adalah proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi berarti dan akurat dari sistem nyata.

Ketika membangun model simulasi sistem nyata, kita harus melewati beberapa tahapan atau level pemodelan. pertama kita harus membangun model konseptual yang memuat elemen sistem nyata.



Ketika membangun model simulasi sistem nyata, kita harus melewati beberapa tahapan atau level pemodelan. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar diatas, pertama kita harus membangun model konseptual yang memuat elemen sistem nyata. Dari model konseptual ini dibuat model logika yang memuat relasi logis antara elemen sistem juga variabel tertentu yang mempengaruhi sistem. Model kedua ini sering disebut sebagai model diagram alur. Menggunakan model diagram alur ini, lalu dikembangkan program komputer, yang disebut juga sebagai model simulasi, yang akan mengeksekusi model diagram alur. Verifikasi Dan Validasi Terhadap Standar

IMO MSC.1/Circ.1238 telah memberikan standar acuan untuk proses validasi maupun verifikasi untuk perangkat lunak maupun permodelan yang digunakan untuk mengetahui bahwa permodelan tersebut memenuhi standar atau tidak. Verifikasi bahwa model evakuasi yang harus dilakukan adalah

- Pengujian Komponen
Memastikan permodelan dan perangkat sudah berjalan sebagaimana mestinya
- Verifikasi Fungsional
Verifikasi fungsional melibatkan memeriksa bahwa model memiliki kemampuan untuk menunjukkan berbagai kemampuan yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi dimaksudkan. Persyaratan ini adalah tugas yang spesifik, yakni diberikan model sedemikian rupa untuk diaplikasikan di perangkat yang digunakan dengan diberikan standar dan batasan performa.
- Verifikasi Kualitatif
Bentuk ketiga validasi model menyangkut sifat perilaku manusia diprediksi dengan harapan diinformasikan. Sementara ini hanya bentuk kualitatif verifikasi, itu tetap penting, karena menunjukkan bahwa kemampuan perilaku dibangun ke dalam model mampu menghasilkan perilaku yang realistis.
- Verifikasi Kuantitatif
Verifikasi kuantitatif melibatkan perbandingan prediksi model dengan data yang handal yang dihasilkan dari demonstrasi evakuasi. Pada tahap perkembangan ini ada data eksperimen diandalkan cukup untuk memungkinkan verifikasi kuantitatif menyeluruh dari model proses evakuasi. Sampai data tersebut menjadi memenuhi dan proses verifikasi dianggap cukup.

Semua peraturan mengenai standar validasi dan verifikasi secara detail dijelaskan pada Annex.3, “Guidance On Validation/Verification Of Evacuation Simulation Tools” IMO MSC.1/Circ.1238.

2.10 Kecepatan Berjalan

Theou, O et al (*Measuring Older Adult Gait Speed In Community Settings Using The 30 Foot-Walk At Preferred And Maximum Speed*) menjelaskan bahwa hasil penelitiannya mengenai kecepatan berjalan seperti tertera pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Tabel Kecepatan Berjalan

Age Group	Preferred (ft/s)		Maximum (ft/s)	
	Men	Women	Men	Women
60-69 (n=47)	4,75 ± 1,27	4,12 ± 0,77	7,14 ± 2,14	5,41 ± 1,30
70-79 (n = 115)	4,12 ± 1,05	4,87 ± 0,79	5,85 ± 1,97	5,06 ± 1,39
80+ (n=103)	4,16 ± 1,00	3,32 ± 1,35	5,16 ± 1,35	4,05 ± 0,97
Age Group	Preferred (ft/s)		Maximum (ft/s)	
	Men	Women	Men	Women
60-69 (n=47)	1,45 ± 0,39	1,26 ± 0,33	2,18 ± 0,65	1,65 ± 0,40
70-79 (n = 115)	1,26 ± 0,32	1,18 ± 0,24	1,78 ± 0,60	1,54 ± 0,42
80+ (n=103)	1,16 ± 0,30	1,01 ± 0,28	1,57 ± 0,41	1,25 ± 0,30

Sumber : Theou, O et al (*Measuring Older Adult Gait Speed In Community Settings Using The 30 Foot-Walk At Preferred And Maximum Speed*)

Pada tabel 2.1 dapat dilihat bahwa penelitian sebelumnya telah melakukan penelitian terkait kecepatan berjalan. Penelitian tersebut dilakukan berdasarkan rentang usia dan jenis kelamin dengan hasil pengambilan data yang berdistribusi uniform.

Penelitian terkait kecepatan berjalan penumpang penumpang di Indonesia sudah dilakukan penelitian, yakni Siswanto, N et al (*Studi Eksperimental dan Simulasi Evakuasi Penumpang Pada Kapal*) Penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi Agent Based Model Simulation (ABMS) dengan objek kapal Ro-Ro di selat Madura dengan *software Pathfinder* 2014 mengikuti standar acuan IMO MSC.1/Circ.1238 dimana distribusi penumpang di Indonesia berbeda dengan distribusi penumpang yang ditetapkan IMO. Kecepatan jalan yang juga berbeda antara orang Indonesia dengan data berdasarkan IMO MSC.1/Circ.1238.

Simulasi pada penelitian yang dihasilkan menunjukkan bahwa total waktu evakuasi lebih singkat dari penggunaan data IMO MSC.1/Circ.1238. Hal tersebut dipengaruhi oleh faktor perbedaan distribusi penumpang, flow rate dan kecepatan berjalan penumpang. Perbedaan waktu evakuasi antara penelitian yang dilakukan dengan data IMO MSC.1/Circ.1238 tidak terlalu signifikan, hal tersebut menunjukkan bahwa data IMO MSC.1/Circ.1238 relevan apabila diaplikasikan untuk kasus evakuasi penumpang kapal di Indonesia.

2.11 Heel Scenario

Vasalos, D dalam penelitiannya (*Passenger Ship Safety – Containing Risk*) menjelaskan bahwa penelitian dan simulasi yang telah dilakukan fokus terhadap integrasi *software* yang mensimulasikan terjadinya kebakaran dan banjir yang berujung dengan terbaliknya kapal.

Penelitian yang disebutkan menyajikan model yang dapat diterapkan pada evaluasi bahaya di kapal yang mengandung resiko bahaya pada kapal penumpang yang berhubungan dengan hilangnya nyawa seseorang. Dengan menggunakan alat yang berintegrasi dapat memungkinkan untuk mengevaluasi secara eksplisit langsung pada kapal terkait keselamatan penumpang pada bahaya yang terjadi.

“Safeguard, Passenger Evacuation Seminar” dalam seminarnya juga memberikan usulan perubahan standar terkait rekomendasi *heel Scenario* untuk memberikan pembaharuan terhadap IMO MSC.1/Circ.1238. Hal ini merupakan pengembangan dari beberapa skenario yang telah ada pada IMO MSC.1/Circ.1238 yang menginvestigasi terkait dampak dari *heel scenario* terhadap proses evakuasi. Penelitian terkait menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan terhadap perubahan jumlah waktu yang diberikan terhadap proses evakuasi secara menyeluruh.

Skenario tambahan yang telah dikembangkan dengan kondisi yang *heel and trim*. Dalam kedua kasus tersebut, dampak

dari *heel and trim* kondisi adalah untuk meningkatnya waktu *traveling time*. Besarnya peningkatan tersebut untuk kasus malam, peningkatan waktu *traveling time* adalah hingga 11 persen untuk kedua *heel* dan kasus *trim*. Untuk kasus siang hari, kenaikan waktu mencapai 24 persen.

2.12 Fire Scenario

“The SAFEGUARD enhanced scenarios and recommendation for updating MSC.1/Circ.1238” memberikan rekomendasi untuk memahami bagaimana orang berperilaku dalam situasi. Sebagai bagian dari “Safeguard Proyek Uni Eropa FP7”, skenario perwakilan untuk situasi darurat diuji kembali, dengan pertimbangan untuk menggantikan kasus sekunder saat ini. Implikasi dari kriteria kemacetan dalam kaitannya dengan semua skenario juga diuji kembali.

Disarankan bahwa skenario yang berkaitan dengan kebakaran dan *heel* yang dipertimbangkan untuk menggantikan kasus sekunder pada IMO MSC.1/Circ.1238. Sebuah daftar lengkap dari skenario yang mungkin relevan dengan kejadian yang memungkinkan di kapal.

Tujuannya dari skenario ini adalah untuk menciptakan kasus kebakaran dengan bentuk yang dimodelkan dengan dampak kebakaran yang parah tanpa memerlukan simulasi kebakaran penuh. Untuk melakukan hal ini, perubahan dalam prosedur evakuasi dan pengurangan kecepatan perjalanan penumpang karena asap akan mengganggu akselerasi dari penumpang maupun ABK.

Contoh simulasi dengan skenario kebakaran yang diuji pada geometri kapal pesiar. Waktu *Travelling Time* untuk kasus siang dengan variasi kebakaran ditemukan meningkat 34 persen (310 s) dibandingkan dengan kasus siang standar. Untuk kasus kebakaran pada malam hari, waktu *Travelling Time* untuk kasus ini meningkat sebesar 30 persen (470 s). Untuk kapal ini, waktu *Travelling Time* total untuk siang dan malam pada kondisi kasus

kebakaran membutuhkan waktu masing-masing 20,3 menit dan 33,5 menit dalam waktu maksimum yang diizinkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Pada Bab III ini, menerangkan mengenai langkah-langkah serta metode penyelesaian masalah sebagaimana dibahas pada Bab I. Dalam penyelesaian masalah tersebut, diselesaikan dalam bagan linear yang digambarkan pada gambar 3.1. adapun langkah-langkah pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut :

3.2 Perumusan Masalah

Mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi, dalam hal ini adalah mengevaluasi waktu yang dibutuhkan untuk evaluasi proses evakuasi berdasarkan kecepatan berjalan, dan menganalisa proses evakuasi pada kondisi kapal yang mengalami kebakaran dan *list*.

3.3 Studi Literatur

Mengumpulkan berbagai informasi dan wawasan serta teori dasar dalam bentuk paper, buku dan e-source terkait bahaya di kapal khususnya tabrakan yang mengakibatkan kapal tenggelam dan terbalik serta kebakaran di atas kapal, kecepatan berjalan orang, Agen Based Model Simulation, uji normalitas distribusi, uji sampling serta segala hal lainnya yang terkait dengan penelitian ini. Sumber referensi dan literatur dapat dilihat pada BAB II, Tinjauan Pustaka.

3.4 Observasi dan Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapatkan dari observasi lapangan pada kapal PT.PELNI dengan mengambil beberapa data meliputi: Rencana umum dan Safety Plan kapal PT.PELNI yang digunakan untuk observasi, data statistik penumpang, kecepatan berjalan yang berdasarkan *drill-test evacuation* yang dilakukan oleh ABK dengan variasi gender, rentang usia sesuai dengan standar acuan IMO MSC.1/Circ.1238 dan data penunjang lainnya.

3.5 Pengolahan dan Pengujian Data Statistik

Pada bagian ini akan diolah data-data yang telah didapatkan dari observasi lapangan yang telah dilakukan untuk disesuaikan dengan kondisi dan asumsi proses simulasi dan perhitungan waktu evakuasi.

Pengujian data statistik dimaksudkan untuk mengetahui dan menguji keabsahan data yang telah atau akan diolah. Pengujian data statistik ini ada dua yakni pengujian normalitas data terkait data kecepatan berjalan yang didapat dari observasi lapangan sebagai input dari *software* simulasi yang akan dipakai. Sedangkan pengujian yang kedua yakni pengujian mengenai sampel penumpang terkait jenis kelamin dan rentang usia yang telah didapatkan untuk diuji bahwa apakah sampel tersebut valid untuk mewakili populasi yang akan diminta.

3.6 Permodelan Simulasi

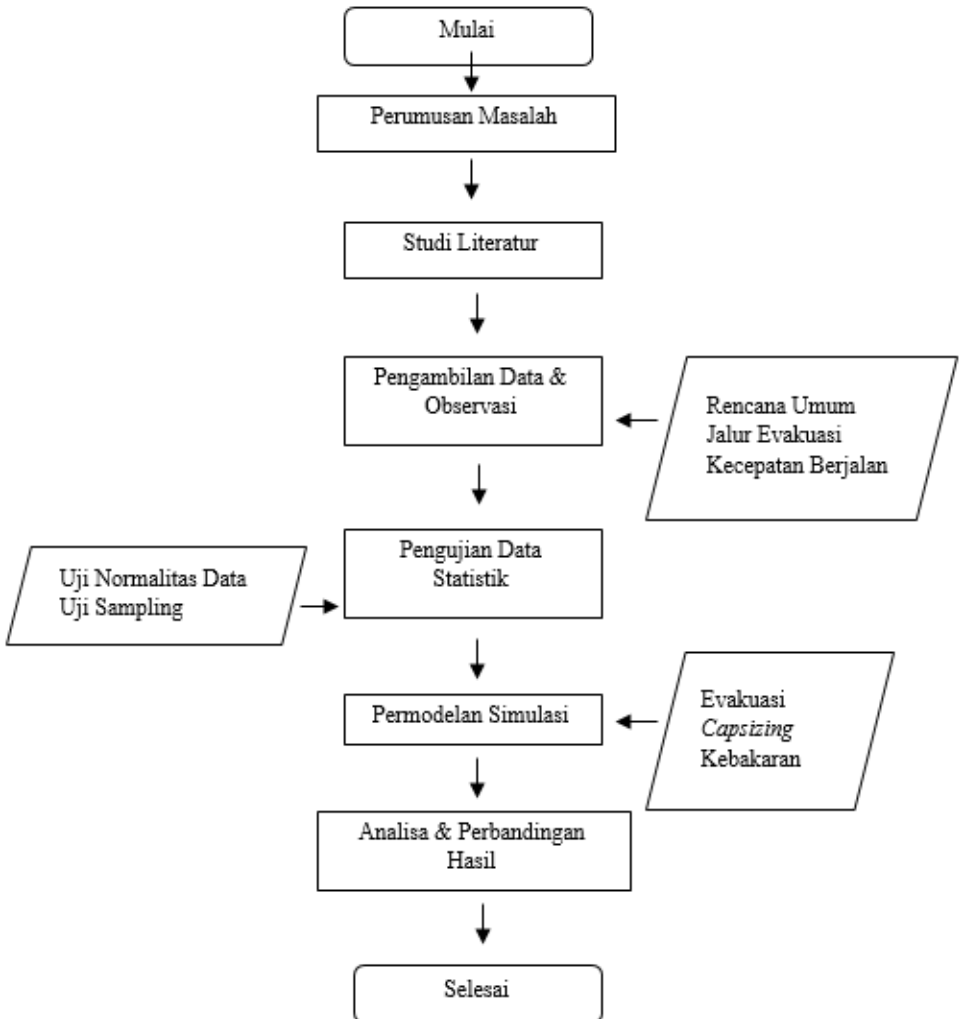
Pengolahan data dilakukan dengan mengelola permodelan dari hasil yang didapatkan pada studi observasi. Pengolahan data untuk permodelan simulasi akan dilakukan dengan *software* yang membantu proses simulasi dengan permodelan Agent Based Model Simulation.

Permodelan simulasi dibagi menjadi beberapa scenario dengan menggunakan beberapa bantuan *software*, yakni Simulasi evakuasi, kebakaran, tabrakan dan kandasnya kapal yang mengakibatkan kapal tenggelam dan terbalik.

3.7 Analisa Hasil

Perbandingan hasil didapatkan dari luaran analisa data yang telah dilakukan. Dengan objek dan situasi yang sama maka dari permodelan yang dilakukan dan standar IMO MSC.1/Circ.1238 dengan kondisi skenario kebakaran dan terbalik dengan desain *safety plan* yang sudah ada.

3.8 Flow Chart Diagram



Gambar 3.1 Diagram Alur Metodologi

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada bab ini, akan dijelaskan bagaimana tahapan serta data yang akan dibutuhkan untuk proses analisa dan pembahasan terkait tugas akhir ini. Data yang dibutuhkan meliputi: *Principal Dimension*, *General Arrangement*, Rute Evakuasi (*Safety Plan*), data observasi kecepatan berjalan dan sebaran penumpang maupun ABK, data *drill test evacuation*, serta data penunjang lainnya.

Tahapan awal yakni pengumpulan data yang dilakukan di kapal yang telah ditentukan. Data yang diambil yakni kecepatan berjalan penumpang diatas kapal, debit penumpang pada koridor yang telah ditentukan, serta *manifest* data penumpang pada setiap embarkasi-debarkasi sesuai jenis kelamin dan usia penumpang.

Tahapan kedua adalah membuat permodelan evakuasi dan kebakaran menggunakan *software* yang telah dipilih dengan input data sesuai dengan data yang didapatkan sebelumnya pada saat observasi. Langkah berikutnya adalah dilakukan proses simulasi dengan variabel kecelakaan yang ditentukan, untuk mengetahui proses dan lama waktu evakuasi penumpang dan ABK.

Tahapan ketiga yakni menganalisa dengan perhitungan numerik dan membandingkan dengan standar yang telah diacu dan berbagai penelitian sebelumnya yang telah dilakukan untuk dapat menentukan apakah proses evakuasi pada kondisi bahaya masing masing telah memenuhi persyaratan waktu standar atau tidak.

Pada akhir dari analisa dan pembahasan akan disajikan perbandingan waktu evakuasi secara keseluruhan dari berbagai permodelan kecelakaan yang telah dipilih untuk mengetahui sejauh mana perbedaan waktu evakuasi secara keseluruhan dan karakteristik penumpang saat evakuasi.

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan yang dilakukan meliputi : Data utama kapal, *general arrangement* serta *escaping*

route (*safety plan*) kapal PT.Pelni yang dipilih, manifest data penumpang saat debarkasi dan embarkasi pada 1 kali perjalanan kapal, data observasi kecepatan berjalan dan laju aliran spesifik pada area datar, tangga naik dan turun sesuai jenis kelamin dan rentang usia penumpang dan awak kapal serta data pendukung lainnya.

Pengumpulan data dilakukan dengan mencari informasi melalui instansi terkait, salah satunya PT.Pelni (Persero). PT. Pelni (Persero) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang transportasi laut skala nasional. Pengumpulan data juga dilakukan dengan observasi di lapangan, yakni pada kapal PT. Pelni pada saat sandar dan berlayar.



Gambar 4.1 KM. Gunung Dempo

Sumber : vesseltracker.com

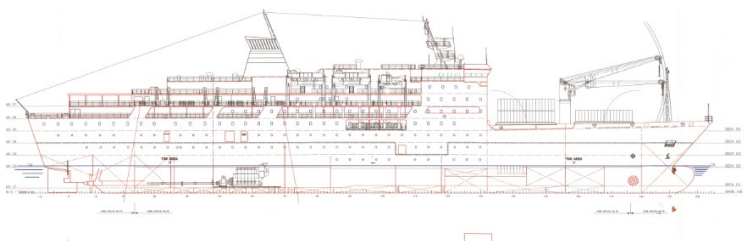
Kapal yang akan di gunakan untuk objek tugas akhir ini adalah KM. Gunung Dempo (Gambar 4.1) . Kapal tersebut berlayar melalui rute Tanjung Priok-Surabaya-Makassar-Sorong-Manokwari-Nabire. Rute perjalanan KM. Gunung Dempo dalam 1 kali perjalanan (Jakarta-Nabire atau sebaliknya) memerlukan waktu 7 hari.

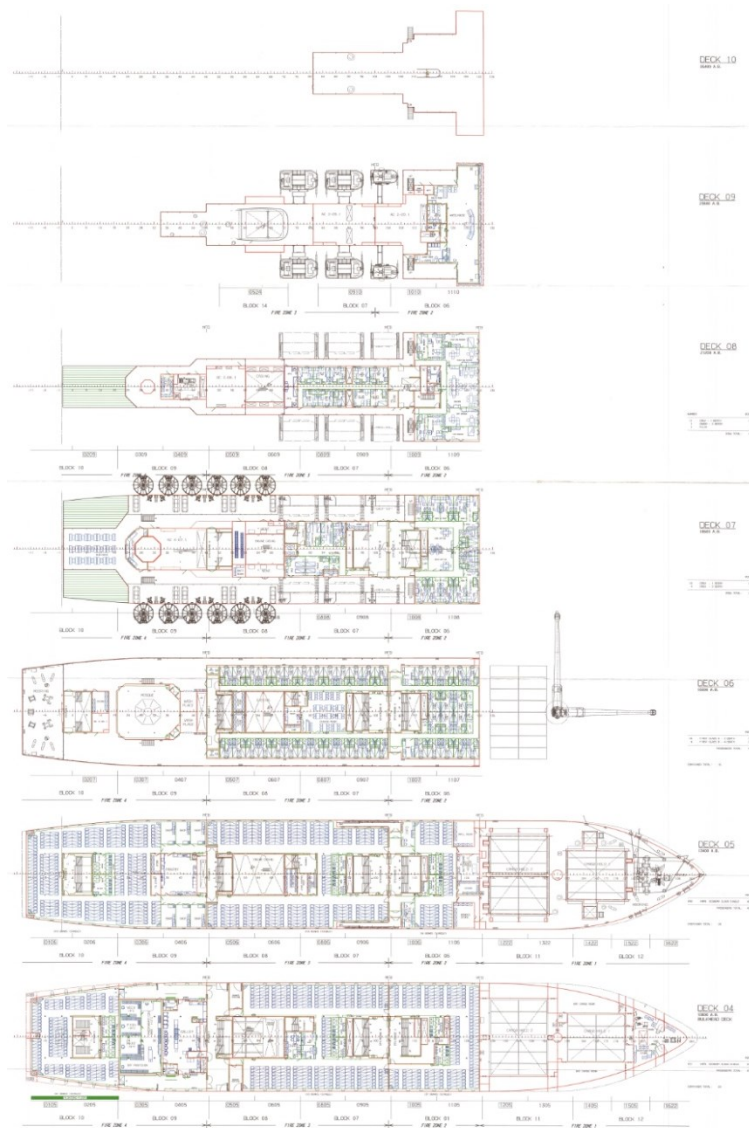
4.2.1 Data Utama Kapal

Nama Kapal	: KM. GUNUNG DEMPO
IMO Number	: 9433324
Klasifikasi	: KI Passenger Ship + SMO
Gross Tonnage	: 14.000
Panjang Keseluruhan (LOA)	: 146,5 meter
Panjang antara linggi (LBP)	: 136 meter
Lebar	: 23,40 meter
Kecepatan	: 17,50 knot
Kecepatan maksimum	: 21,50 knot
Sarat maksimum	: 5,90 meter
Kontainer 20 “	: 90 unit
Tinggi	: 13,40 meter
Kapasitas Maksimum Penumpang :	
Kelas 1	: 72 orang
Kelas 1 B	: 24 orang
Kelas Wisata	: 1457 orang
Jumlah	: 1587 orang
Anak Buah Kapal	: 141 orang
Total	: 1724 orang

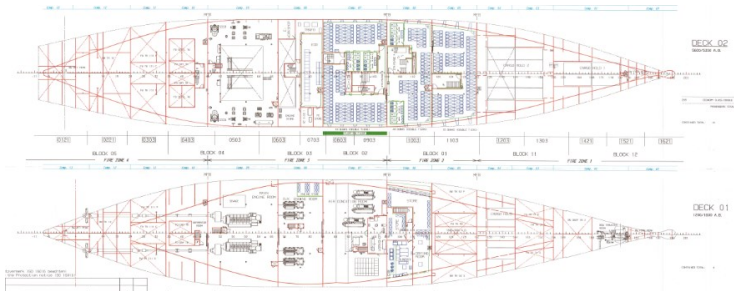
4.2.1.2 General Arrangement

Berikut gambar *General Arrangement* KM. GUNUNG DEMPO





Gambar 4.2 General Arrangement KM. Gunung Dempo



Gambar 4.3 *General Arrangement* KM. Gunung Dempo

General Arrangement atau rencana umum KM. Gunung Dempo ini (Gambar 4.3) didapat langsung dari PT. PelnI dengan pembangunan pada tahun 2009 di sebuah galangan di negara Jerman.

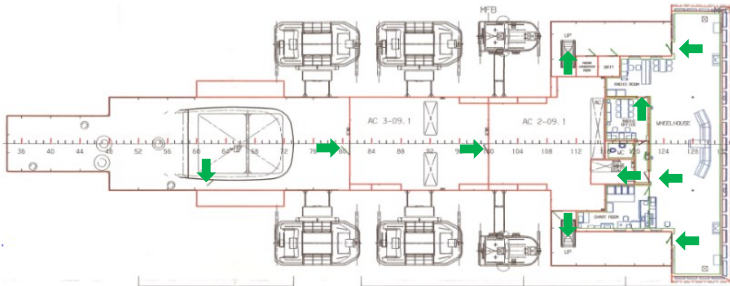
4.2.1.3 Rute Evakuasi (Safety Plan)

Rute evakuasi atau *escaping route* didapatkan dari layout safety plan yang menampilkan rute evakuasi yang telah ada pada kapal. Rute evakuasi akan menentukan kemana arah penumpang untuk menuju *muster station* atau titik berkumpul ketika terjadi bahaya pada kapal. Pada rute evakuasi KM. Gunung Dempo *muster station* terletak pada dek ke 6 dan 7.



Gambar 4.4 Lambang Muster Station

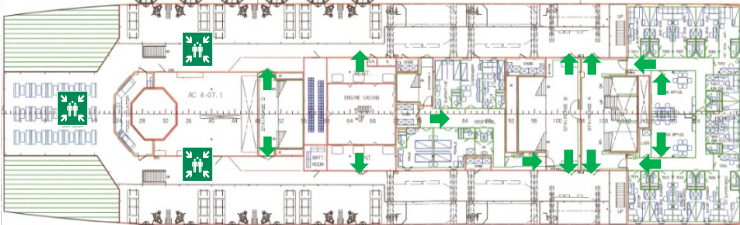
Dibawah ini merupakan gambaran umum jalur evakuasi pada kapal KM. Gunung Dempo yang sudah ada dan yang telah didesain oleh pihak pembuat kapal tersebut.



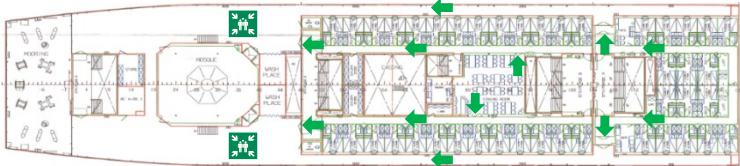
Gambar 4.5 Rute Evakuasi KM. Gunung Dempo Dek 9



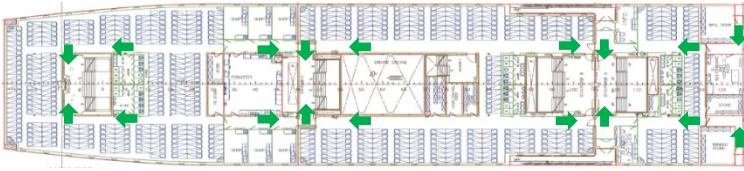
Gambar 4.6 Rute Evakuasi KM. Gunung Dempo Dek 8



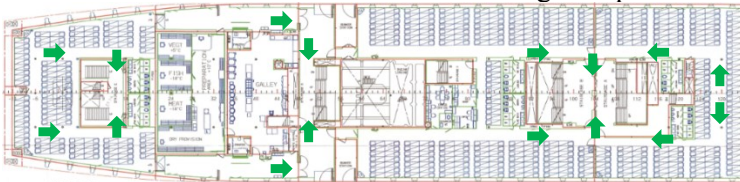
Gambar 4.7 Rute Evakuasi KM. Gunung Dempo Dek 7



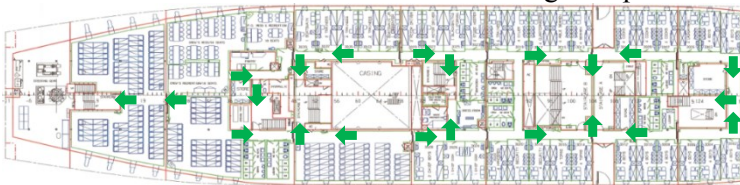
Gambar 4.8 Rute Evakuasi KM. Gunung Dempo Dek 6



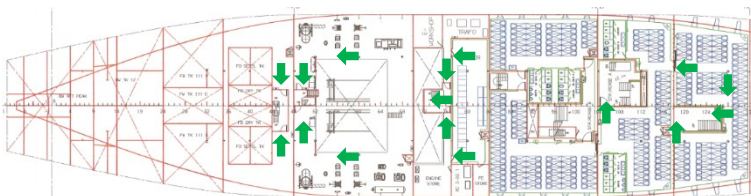
Gambar 4.9 Rute Evakuasi KM. Gunung Dempo Dek 5



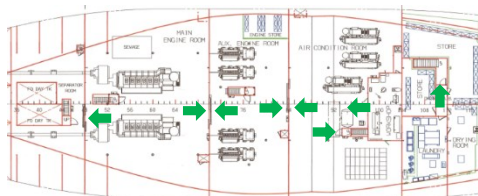
Gambar 4.10 Rute Evakuasi KM. Gunung Dempo Dek 4



Gambar 4.11 Rute Evakuasi KM. Gunung Dempo Dek 3



Gambar 4.12 Rute Evakuasi KM. Gunung Dempo Dek 2



Gambar 4.12 Rute Evakuasi KM. Gunung Dempo Dek 1

4.2.1.4 Manifest Data Penumpang

Data mengenai karakteristik penumpang didapatkan ketika kapal berlayar. Detail mengenai rekap data penumpang ini meliputi :

- Jenis Kelamin
Data mengenai jenis kelamin ini dibutuhkan untuk mengambil spesifik data dari sampel populasi penumpang dan pengelompokan pengambilan data selanjutnya.
- Rentang Usia
Pembatasan rentang usia dibatasi pada rentang usia 0-30, 30-50 dan usia 50 keatas sesuai jenis kelamin masing masing.

DAFTAR PENUMPANG								
Kapal : DEMPO								
TGL/Jam: -								
Tahun/Voy: 2016/5								
Debarkasi	No. Tiket	Penumpang	Pria	Wanita	Anak	Bayi	Umur	Total
NAB	100312405	ARIF WAHYUDI	1				30	
	100312406	MULYONO	1				56	
	100312407	SUYOTO	1				30	
	100312408	JIMMY JM	1				26	
	100312409	SUTIANI		1			40	
	100312410	DIANA		1			29	
	100312411	SULISDRAWATI		1			13	
	100312412	IKHSAN			1		5	
	100312413	MALIK			1		4	
	100312414	NUR				1	0	
	100312415	PRADANU	1				20	
	100312416	ANTON K	1				25	
	100312417	SUKAMTO	1				51	
	100312418	AGUNG KURNIAWAN	1				26	
	100312419	RISA MARTA S	1				19	
	100312420	SUTRISNO	1				35	
	100312421	SASTRO	1				47	

Gambar 4.13 Contoh Daftar Penumpang
Sumber: Manifest Data KM.Gunung Dempo

Gambar 4.13 menunjukkan data dari embarkasi-debarkasi penumpang. Data yang telah didapatkan akan dipisah berdasarkan lokasi embarkasi-debarkasi sesuai yang tertera pada daftar *manifest* penumpang. Berikut data rekapitulasi jumlah penumpang

KM.Gunung Dempo pada saat pelayaran Nabire-Tanjung Priok Jakarta pada tanggal 4-11 Maret 2016. Data secara lengkap dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.1 Data Embarkasi Penumpang

Debarkasi	Embarkasi						Jumlah
	NAB	MAN	SOR	MKS	SBY	TJP	
NAB							0
MAN	93						93
SOR	72	123					195
MKS	69	29	117				215
SBY	138	102	237	40			521
TJP	53	30	10	8	1		102
Jumlah	425	284	364	48	1	0	1126

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.1 diatas merupakan hasil dari pengelompokan penumpang berdasarkan data embarkasi-debarkasi penumpang KM. Gunung Dempo yang berlayar selama 1 kali pelayaran.

Tabel 4.2 Data Embarkasi Penumpang yang di Spesifikasikan Sesuai Usia dan Jenis Kelamin

Embarkasi	Pria			Wanita		
	<30	30-50	>50	<30	30-50	>50
NAB	99	111	8	121	77	9
MAN	81	60	33	59	36	15
SOR	108	104	20	82	39	11
MKS	18	17	5	10	2	0
SBY	1	0	0	0	0	0

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.2 merupakan hasil rekapitulasi penumpang berdasarkan jenis kelamin dan rentang usia. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pengelompokan dan perhitungan dalam analisa proses evakuasi yang akan dilakukan pada tahapan selanjutnya.

4.2.1.5 Data Persebaran Penumpang dan ABK

Distribusi sebaran ABK serta penumpang sesuai spesifikasi awal desain kapal yang didefinisikan sesuai data yang

ada pada kapal. Data yang didapat berupa sebaran pada setiap dek serta kondisi siang dan malam.

Spesifikasi penempatan penumpang maupun ABK diasumsikan memusat pada kondisi malam untuk penumpang maupun ABK. Untuk Penumpang terpusat pada area tempat istirahat dan sekitarnya, sedangkan ABK berada pada area tugas masing-masing ABK. Berikut Sebaran ABK serta Penumpang pada setiap dek. Pada kondisi siang hari, Sebaran data penumpang dan ABK pada setiap dek, distribusi ABK mengikuti data shift jaga sesuai pekerjaan pada kapal, sementara sebaran jumlah penumpang dimodifikasi dari kondisi malam karena merupakan jam aktifitas penumpang. Penumpang terdistribusi merata pada setiap dek dan ruangan yang diperbolehkan untuk diakses oleh para penumpang.

Tabel 4.3 Data Persebaran Penumpang dan ABK Pada Kondisi Malam

Jumlah ABK	Jumlah ABK Kondisi Malam		Jumlah Penumpang Kondisi Malam
	2/3 di kabin	1/3 terdistribusi	
Dek 1	0	10	0
Dek 2	0	5	418
Dek 3	73	5	149
Dek 4	0	7	430
Dek 5	0	7	490
Dek 6	0	5	96
Dek 7	12	3	0
Dek 8	9	1	0
Dek 9	0	4	0
Dek 10	0	0	0
Total	94	47	1583
	141 ABK		Penumpang

Sumber : Data KM.Gunung Dempo

Pada tabel 4.3 dijelaskan bahwa data persebaran penumpang pada malam hari lebih berfokus pada tempat istirahat masing-masing. Data tersebut didapatkan dari spesifikasi data yang ada di kapal yang nantinya berfungsi untuk mempermudah permodelan evakuasi.

Tabel 4.4 Data Persebaran Penumpang dan ABK Pada Kondisi Siang

Jumlah ABK	Jumlah ABK Kondisi Siang		Jumlah Penumpang Kondisi Siang
	1/3 di kabin	2/3 terdistribusi	
Dek 1	0	16	0
Dek 2	0	5	339
Dek 3	36	7	245
Dek 4	0	15	304
Dek 5	0	18	245
Dek 6	0	14	220
Dek 7	6	9	230
Dek 8	5	2	0
Dek 9	0	8	0
Dek 10	0	0	0
Total	47	94	1583
	141 ABK		Penumpang

Sumber : Data KM.Gunung Dempo

Pada tabel 4.4 terlihat bahwa data persebaran penumpang pada siang hari lebih menyebar pada tempat yang terbuka dan tempat umum seperti tempat ibadah, cafetaria dan tempat yang dapat digunakan untuk bersantai.

4.2.2 Data Observasi

Pengambilan data observasi dilakukan 3 kali di KM. Gunung Dempo pada pelayaran Jakarta-Surabaya pada tanggal 25 Februari 2016, Surabaya-Jakarta pada tanggal 9 Maret 2016 dan Jakarta Surabaya pada tanggal 10 Maret 2016.

Data Observasi yang diambil meliputi : berdasarkan kecepatan berjalan penumpang dan ABK pada area koridor serta juga mengamati sebaran penumpang pada waktu siang dan malam hari.

4.2.2.1 Data Kecepatan Berjalan Penumpang dan ABK

Pada proses pengambilan data, lokasi yang ditentukan untuk pengambilan data meliputi koridor dengan variasi panjang koridor tertentu serta tangga pada kapal yang menghubungkan antar dek kapal dan tangga embarkasi debarkasi.

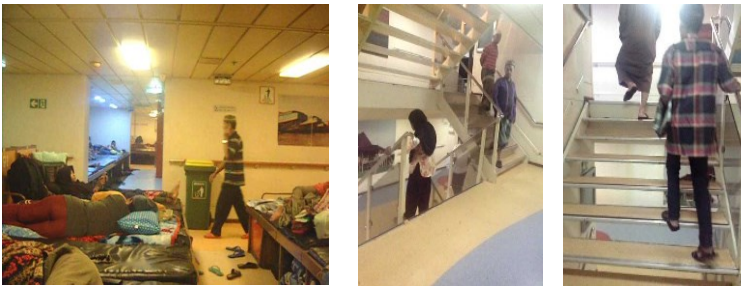
Pengambilan data kecepatan dengan menggunakan metode sederhana yakni memilih lokasi yang memungkinkan untuk dilakukannya proses pengambilan data, lalu mengukur dan menentukan jarak tempuh yang akan di observasi. Setelah itu dihitung secara manual ataupun direkam dengan video camera. Untuk mendapatkan spesifikasi kecepatan penumpang maupun ABK yang telah diobservasi, maka dirumuskan dengan total waktu yang dibutuhkan dibagi dengan jarak yang telah ditentukan, hingga mendapatkan data kecepatan dalam satuan meter per detik (m/s).

$$V = \frac{s}{t}$$

Dimana: V = kecepatan (m/s)

s = jarak tempuh (m)

t = waktu (s)



Gambar 4.14 Proses Pengambilan Data Kecapatan Berjalan

Sumber: Dokumentasi Observasi

Gambar 4.14 diatas merupakan contoh proses pengambilan data untuk kecepatan berjalan juga di spesifikkan berdasarkan rentang usia dan jenis kelamin masing-masing sampel populasi, hal ini untuk mempermudah penghitungan dan pengolahan data sampel untuk langkah selanjutnya. Data hasil observasi disajikan pada bagian lampiran.

4.2.2.2 Data Persebaran Penumpang dan ABK

Data Persebaran Penumpang tentunya berbeda pada siang dan malam hari. Pada siang hari persebaran penumpang relatif tersebar di beberapa *public space* seperti dek terbuka ataupun cafeteria. Pada siang hari aktifitas para penumpang relatif tinggi hingga tersebar pada setiap tempat yang diperbolehkan diakses oleh penumpang.

Pada malam hari persebaran penumpang memusat ke tempat istirahat masing-masing. Pada saat malam hampir seluruh penumpang tidak ada yang mengakses ke dek terbuka ataupun *public space* lainnya seperti ruang hiburan atau masjid.

Persebaran untuk ABK diasumsikan sama seperti data yang diperoleh dari informasi kapal KM.Gunung Dempo sesuai jam kerja dan lokasi para ABK bekerja.



Gambar 4.15 Perbedaan Persebaran Penumpang Pada Waktu Siang dan Malam

Sumber: Dokumentasi Observasi

Dari Gambar 4.15 diatas dapat dianalisa perbedaan penyebaran penumpang berdasarkan waktu siang dan malam hari. Pada siang hari penumpang tersebar ke berbagai tempat umum dan tempat terbuka, sedangkan pada malam hari lebih terfokus di tempat istirahat masing-masing.

4.3 Pengolahan Data

Proses pengolahan data dilakukan dengan mengolah semua data yang telah didapatkan melalui informasi yang didapat maupun dari observasi lapangan yang telah dilakukan. Data yang akan diolah meliputi pengujian normalitas data distribusi kecepatan berjalan penumpang dan ABK serta pengujian sampling data terkait komposisi penumpang yang telah dispesifikasikan sesuai jenis kelamin dan usia. Data yang telah diolah akan dijadikan sebagai standar atau input data dari permodelan dan perhitungan waktu evakuasi.

Pada proses pengolahan data ini digunakan bantuan *software* untuk mempermudah proses pengujian distribusi yakni dengan *software* “Minitab 16” dengan metode uji distribusi Anderson-Darling. Pengujian sampling data menggunakan rumus empiris dari metode slovin untuk mengetahui sampel minimal yang dibutuhkan dalam pengolahan data.

4.3.1 Pengujian Normalitas Data Kecepatan Berjalan

Pengujian normalitas data dilakukan untuk mengetahui data tersebut termasuk berdistribusi normal atau tidak. Dalam tugas akhir ini diasumsikan semua data mengenai kecepatan berjalan yang dispesifikkan sesuai jenis kelamin dan rentang usia terdistribusi secara normal sebagai hipotesa awal dari uji distribusi ini. Dalam pengujian normalitas data ini dipilih dengan pengujian berbasis *software*. Dengan menggunakan *software* “Minitab 16” segala data mengenai uji normalitas data akan didapatkan, seperti rata-rata data, standar deviasi, P-Value dan jumlah sampel.

Uji normalitas data memiliki beberapa metode yang sering digunakan antara lain Cramer-von Mises, Shapiro Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Pearson Chi-square dan lain-lain. Di dalam Tugas akhir ini metode uji normalitas distribusi yang dipilih yakni dengan menggunakan metode Anderson-Darling test sebagaimana telah dijelaskan kelebihanannya dibanding metode uji distribusi yang lain pada bab sebelumnya.

Berikut merupakan contoh hasil dari uji distribusi normal dengan metode uji distribusi Anderson-Darling dengan menggunakan *software* “Minitab 16”. Untuk semua uji distribusi ditentukan bahwa nilai signifikansi $\alpha = 0,05$ artinya tingkat kepercayaan sebesar 95% atau error sebesar 5%. Hipotesa awal H_0 = Data kecepatan berjalan berdistribusi normal, dan hipotesa H_1 = Data kecepatan berjalan berdistribusi tidak normal. Data secara lengkap disajikan pada bagian lampiran.

Uji Normalitas Data Kecepatan Berjalan Pria Usia Kurang Dari 30

Jumlah Sampel : 32

Hasil Uji Distribusi Anderson-Darling

Rata-rata : 1,025

Standar Deviasi : 0,2859

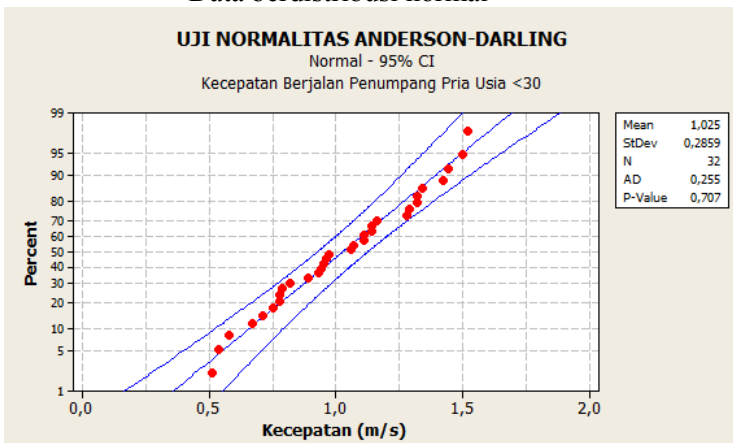
AD Value : 0,255

P-Value : 0,707

Kesimpulan :

$\alpha < P\text{-value}$, tolak H_1 , H_0 diterima.

“Data berdistribusi normal”



Gambar 4.16 Grafik Uji Distribusi Kecepatan Berjalan Penumpang Pria Usia Kurang Dari 30

4.3.2 Pengujian Sampling Data

Pengujian sampling data dilakukan untuk mengetahui data yang didapatkan dapat mewakili karakteristik dari populasi atau tidak. Dalam suatu penelitian, seringkali data tidak dapat mengamati seluruh individu dalam suatu populasi. Hal ini dapat dikarenakan jumlah populasi yang amat besar, cakupan wilayah penelitian yang cukup luas, atau keterbatasan biaya penelitian. Kebanyakan penelitian menggunakan sampel yang digunakan untuk menyimpulkan atau menggambarkan karakteristik dari populasi.

Dalam penelitian ini sampel yang digunakan untuk mengetahui karakteristik jumlah maksimal penumpang yang dapat diangkut oleh KM. Gunung Dempo ini adalah manifest data yang didapatkan pada saat pelayaran voyage ke 5 tahun 2016 yakni pada pelayaran dari Nabire menuju Tanjung Priok Jakarta pada tanggal 4-11 Maret 2016. Data yang didapatkan yakni detail jumlah penumpang yang telah diolah sedemikian rupa hingga dapat dispesifikasikan berdasarkan rentang usia dan usia penumpang tersebut. Sementara populasi yang akan dicapai adalah ketika kapal telah mencapai kapasitas penuhnya.



Gambar 4.17 Penumpang Non-Seat pada Kondisi Penumpang Overload

Sumber: Jurnalasia.com

Pada beberapa kasus penumpang kapal pada saat hari-hari tertentu seperti hari raya lebaran atau natal dan musim liburan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.17, banyak sekali penumpang yang menggunakan jasa transportasi kapal untuk mengantar penumpang ke tujuan masing-masing, hingga *over capacity*. Tercatat pada hari tertentu, jumlah penumpang melebihi kapasitas hingga 35%. Pada kasus ini akan disimulasikan dengan kondisi terburuk yakni pada saat muatan penumpang melebihi kapasitas sebesar 35%.

Pengujian sampling data pada penelitian ini menggunakan rumus Slovin. Rumus Slovin ini digunakan untuk mengetahui jumlah sampel yang harus dicapai dalam sebuah populasi. Seperti yang telah dijelaskan, populasi pada tugas akhir ini adalah populasi penumpang pada kapasitas angkut maksimal penumpang kapal yakni sejumlah 1583 penumpang ditambah sebesar 35% pada kondisi terburuk yakni muatan penumpang yang melebihi kapasitas. Nilai error atau signifikansi ditentukan sebesar 5%, artinya tingkat kepercayaan atau akurasi data sebesar 95%. Sampel minimum yang harus dicapai dirumuskan sebagai berikut.

$$n = N / (1 + Ne^2)$$

dimana: n = Jumlah Sampel

N = Populasi = 1583 + 35% = 2058 orang

e = toleransi error = 5%

$$\begin{aligned} n &= N / (1 + Ne^2) \\ &= 2058 / (1 + 2058 \cdot (0,05)^2) \\ &= 335 \text{ sampel} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas bahwa sampel minimum adalah 400 orang. Pada manifest data yang telah didapatkan sebelumnya, data embarkasi-debarkasi berjumlah 1126 orang. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa sampel yang diambil telah memenuhi karakteristik populasi data yang diinginkan.

Dari data yang didapatkan pada sampel sebelumnya dapat diketahui bahwa karakteristik sampel populasi sebagai berikut :

Tabel 4.5 Karakteristik Data Sampel Usia dan Jenis Kelamin Penumpang

Komposisi populasi Penumpang	Prosentase penumpang (%)
Pria usia <30	27,31
Pria usia 30-50	25,98
Pria Usia >50	5,69
Wanita usia < 30	24,20
Wanita Usia 30-50	13,70
Wanita Usia >50	3,11
Komposisi populasi ABK	Prosentase ABK (%)
ABK Pria	100

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.5 diatas menunjukkan prosentase penumpang berdasarkan jenis kelamin dan rentang usia serta ABK didapatkan dari perhitungan rekapitulasi prosentase jumlah penumpang yang didapat pada saat observasi. Dari hasil data sampling diatas, maka secara populasi penumpang KM. Gunung Dempo ketika muatan penumpang *overload* 35% diasumsikan mempunyai komposisi yang sama dengan komposisi penumpang ketika dilaksanakannya observasi terkait jenis kelamin dan rentang usia penumpang. Penyajian jumlah dan komposisi penumpang berdasarkan jenis kelamin dan rentang usia dengan kondisi *overload* 35% adalah sebagai berikut.

Tabel 4.6 Karakteristik Data Usia dan Jenis Kelamin Penumpang Ketika Muatan Penumpang Overload

Komposisi populasi Penumpang	Prosentase penumpang (%)	Total (orang)
Pria usia <30	27,31	562
Pria usia 30-50	25,98	535
Pria Usia >50	5,69	117
Wanita usia < 30	24,20	498
Wanita Usia 30-50	13,70	282
Wanita Usia >50	3,11	64
Jumlah Penumpang	100	2058
Komposisi populasi ABK	Prosentase ABK (%)	Total (orang)
ABK Pria	100	141

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.6 diatas menjelaskan jumlah total penumpang berdasarkan rentang usia dan jenis kelamin yang telah disesuaikan dengan kondisi *overload* sebesar 35% yang nantinya akan digunakan untuk permodelan evakuasi.

4.3 Perhitungan Waktu Evakuasi

Perhitungan waktu evakuasi kapal KM. Gunung Dempo ini mengacu aturan yang telah diterbitkan oleh IMO yakni IMO MSC.1/Circ.1238 tahun 2007 yang bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi dan mengeliminasi sedapat mungkin kemacetan yang berkembang pada proses untuk meninggalkan kapal dengan merujuk ke kecepatan pergerakan penumpang dan jalur evakuasi.
2. Mendemonstrasikan rancangan jalur evakuasi, titik kumpul dan titik yang terdekat dengan lifeboat, liferaft atau peralatan keselamatan yang lain, yang cukup fleksibel untuk kemungkinan tertentu.

Dalam perhitungan waktu evakuasi KM. Gunung Dempo ini menggunakan perhitungan IMO MSC.1/Circ.1238 dengan metode *advanced*. Metode *advanced* merupakan metode yang menganalisa proses evakuasi secara simulatif, dimana semua data yang digunakan merupakan data real atau data hasil observasi peneliti.

Selain metode *advanced* dalam perhitungan waktu evakuasi secara menyeluruh, juga terdapat metode perhitungan *simplyfied*. Metode perhitungan *simplyfied* lebih menitik beratkan pada perhitungan matematis dan analisa alur pergerakan penumpang pada setiap ruangan atau tempat tertentu. Metode ini lebih cocok apabila digunakan untuk mengevaluasi proses evakuasi kapal dengan ukuran kapal yang relatif kecil. Karena hampir semua rute evakuasi harus dievaluasi masing masing bagiannya. Oleh karena itu diperlukan waktu yang lama untuk mengevaluasi kapal yang berukuran relatif besar dan mempunyai beberapa jalur evakuasi.

Metode *advanced* sendiri merupakan perhitungan dengan metode yang menitik beratkan pada deviasi masing masing kecepatan penumpang maupun ABK sesuai rentang umur dan jenis kelamin. Dalam perhitungan ini tidak dianalisa mengenai arah pergerakan penumpang untuk setiap tempat tetapi kemungkinan untuk penumpang memilih rute evakuasi yang memungkinkan untuk sampai pada titik evakuasi secepat mungkin. Metode *advanced* cocok untuk mengevaluasi proses evakuasi pada kapal yang berukuran relatif besar seperti KM. Gunung Dempo yang memiliki beberapa jalur evakuasi.

Metode *advanced* ini memiliki beberapa kelebihan yakni data kecepatan penumpang maupun ABK kapal sesuai dengan kondisi di lapangan. Dengan melakukan proses observasi sebelumnya, maka didapatkan sejumlah perbedaan mengenai kecepatan masing-masing penumpang maupun ABK sesuai dengan rentang umur dan jenis kelamin. Kecepatan berjalan penumpang dan ABK tidak menganut data IMO.

4.3.1 Permodelan Evakuasi

Dalam permodelan evakuasi ini telah ditentukan bahwa permodelan yang dipilih adalah perhitungan dengan metode *advanced*. Perhitungan dengan metode *advanced* memiliki beberapa karakteristik, yaitu :

- Masing-masing orang direpresentasikan sebagai model individu yang disebut *agent*.
- Kemampuan masing-masing *agent* mempunyai beberapa parameter, sebagai contoh yakni kecepatan berjalan.
- Perpindahan masing-masing *agents* direkam.
- Masing-masing individu dalam populasi memiliki variasi parameter.
- Setiap *agent* memiliki persentase yang sama rata dalam menentukan pilihan memilih jalur evakuasi.

4.3.1.1 Asumsi-asumsi

Permodelan pada penelitian ini tentunya membutuhkan berbagai asumsi untuk membuat model menjadi lebih nyata atau mendekati situasi dan kondisi di lapangan. Berikut asumsi-asumsi yang dipakai di permodelan evakuasi metode *advanced*.

- Masing masing *agent* yang terdiri dari ABK dan penumpang memiliki respon waktu dan kemampuan individu yang berbeda-beda.
- Penumpang dan ABK dalam proses evakuasi menempuh jalur evakuasi yang telah ditentukan sebelumnya.
- Muatan penumpang disesuaikan pada kondisi terbanyak (*overloaded*) sesuai data yang diperoleh sebelumnya.
- Dalam perhitungan waktu evakuasi pada kasus ini , olah gerak kapal diabaikan.
- Perhitungan terhadap *agent* yang berhubungan sosial (keluarga) diabaikan, semua *agent* bersifat individualis.

4.3.1.2 Performance Standard

IMO MSC.1/Circ.1238 merumuskan bahwa standar perhitungan waktu evakuasi dengan metode advanced sebagai berikut :

$$1,25 T + 2/3 (E+L) \leq n$$

$$(E+L) \leq 30 \text{ Menit}$$

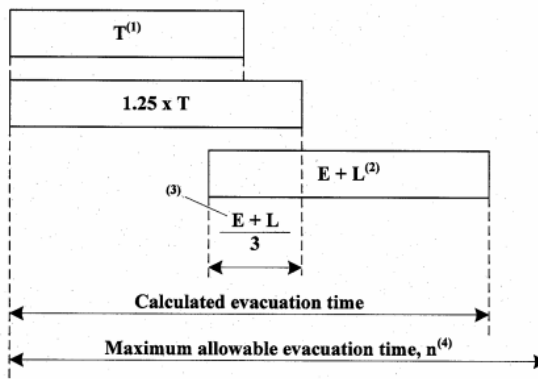
dimana : T = waktu untuk mencapai proses evakuasi

E = Waktu embarkasi

L = Waktu peluncuran

n = Waktu maksimal dalam proses evakuasi

Performance standard yang digabungkan dengan SOLAS regulation III/21.14 sebagai berikut :



Sumber : IMO MSC.1/Circ.1238

1. Total waktu simulasi evakuasi
2. Maksimum 30 menit sesuai SOLAS regulation III/21.14 (dalam hal ini E+L diasumsikan sama dengan 30 menits)
3. Waktu overlap
4. Waktu yang diperbolehkan untuk proses evakuasi, dalam hal ini $n = 80$ menit, karena KM. Gunung Dempo memiliki lebih dari 3 MVZ (main vertical zone)

4.3.1.3 Identifikasi Kemacetan

Kemacetan dalam area tertentu diidentifikasi oleh penumpang maupun ABK dengan melebihi kepadatan 4 p/m² untuk periode waktu yang signifikan. Tingkat ini kemacetan mungkin akan berdampak terhadap proses simulasi evakuasi secara keseluruhan. Apabila kemacetan berlangsung selama 10% dari total waktu evakuasi, maka hal tersebut berdampak signifikan.

4.3.1.4 Identifikasi Kasus

Metode advanced pada perhitungan proses evakuasi mempunyai beberapa variabel. Detail variabel kasus pada perhitungan metode advanced sebagai berikut :

1. Kasus 1 (kasus evakuasi utama pada malam hari)
Permodelan kasus 1 dimana seluruh penumpang diasumsikan berada pada tempat istirahat masing-masing. 2/3 ABK berada pada kabin masing masing, sedangkan persebaran 1/3 ABK lainnya sebagai berikut
 - 50% Berada pada tempat kerja masing-masing
 - Sisanya tersebar pada setiap dek
2. Kasus 2 (kasus evakuasi utama pada siang hari)
Permodelan kasus 2 dimana 75 % penumpang berada pada tempat umum (*public space*), sedangkan persebaran ABK sebagai berikut:
 - 1/3 ABK berada pada kabin
 - 1/3 ABK berada pada *public space*
 - Sisanya beada pada lokasi kerja masing-masing
3. Kasus 3 dan kasus 4 (kasus sekunder pada malam dan siang hari)
Pada kasus ini masing-masing kasus 3 dan 4 memiliki demografi sama seperti kasus 1 dan 2 dengan perbedaan yakni 1 tangga penghubung antar dek yang mempunyai kapasitas besar dan pada simulasi sebelumnya telah digunakan pada kasus 1 dan 2, dianggap tidak dapat digunakan dalam proses simulasi pada kasus 3 dan 4

4.3.1.5 Parameter yang Digunakan

IMO MSC.1/Circ.1238 mengkategorikan beberapa parameter untuk mempermudah dalam permodelan simulasi yakni kategori Geometris, Populasi, Lingkungan dan Prosedural.

1. Kategori Geometris

Dalam kategori Geometris pembahasan utama mengenai layout dan penempatan rute evakuasi pada kapal. Layout dan penempatan rute evakuasi didapatkan dari kondisi *existing* di KM. Gunung Dempo.

2. Kategori Populasi

Kategori ini mendiskripsikan mengenai karakteristik kecepatan berjalan penumpang, respon waktu serta prosentase terhadap penumpang dengan pembagian berdasarkan jenis kelamin serta rentang usia.

Prosentase penumpang berdasarkan jenis kelamin serta rentang usia didapatkan dari observasi lapangan yang disajikan pada tabel 4.5.

Karakteristik kecepatan berjalan penumpang yang juga di spesifikkan berdasarkan jenis kelamin dan rentang usia yang dimodelkan dalam distribusi uniform sesuai IMO MSC. Circ/1238.

Tabel 4.7 Karakteristik Kecepatan Berjalan Penumpang dan ABK

Populasi Penumpang	Kecepatan Berjalan Pada Koridor (m/s)	
	Min	Maks
Pria Usia Kurang dari 30	0,51	1,52
Pria Usia 30-50	0,67	1,35
Pria Usia Lebih dari 50	0,46	1,34
Wanita Usia Kurang dari 30	0,44	1,16
Wanita Usia 30-50	0,56	1,21
Wanita Usia Lebih dari 50	0,49	1,09
Populasi ABK	Kecepatan Berjalan Pada Koridor (m/s)	
	Min	Maks
Pria	0,81	1,24

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.7 diatas merupakan rekapitulasi dan hasil olahan dari data observasi yang telah dilakukan. Data tersebut disajikan dalam distribusi uniform untuk mempermudah pemrosesan untuk langkah permodelan selanjutnya. Untuk kecepatan berjalan penumpang pada tangga naik maupun turun ditentukan oleh *software* itu tersendiri, dengan rumusan yakni

$$V_{ft} = \frac{k}{1,4}$$

Dimana nilai k menyesuaikan dengan ketinggian lereng dari tangga tersebut. Seperti yang ditampilkan pada tabel dibawah ini

Tabel 4.8 Konversi nilai k

Tinggi anak tangga Inch	Lebar anak tangga Inch	k
7,5	10	1
7	11	1,08
6,5	12	1,16
5	13	1,23

Sumber : Technical Reference Pathfinder 2016

Tabel 4.8 merupakan faktor konversi dari kecepatan pada tangga yang dilalui terhadap kecepatan berjalan. Selain itu, dalam perhitungan proses evakuasi terdapat perhitungan mengenai respon waktu terhadap tanda evakuasi (alarm evakuasi). Perhitungan respon waktu dalam proses evakuasi sebagaimana dijelaskan oleh IMO MSC.1/Circ.1033 bahwa respon waktu untuk masing-masing skenario sebagaimana dijelaskan pada tabel dibawah ini

Tabel 4.9 Data Respon Waktu

	Minimum (s)	Rata-rata (s)	Maksimum (s)
Kasus 1	420	600	780
Kasus 2	210	300	390
Kasus 3	420	600	780
Kasus 4	210	300	390

Sumber: IMO MSC.1/Circ.1033

Data respon waktu yang terdapat pada tabel 4.9 diatas merupakan data waktu respon untuk setiap manusia apabila terjadi kecelakaan maupun kondisi bahaya secara tiba-tiba. Sesuai dengan tabel diatas, waktu respon dibedakan berdasarkan waktu yakni siang pada kasus 2 dan kasus 4 serta malam pada kasus 1 dan 3.

3. Kategori Kondisi Lingkungan

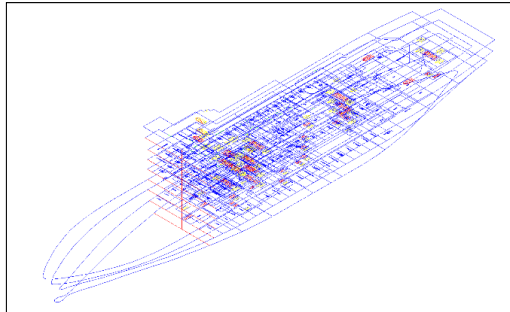
Kategori Kondisi Lingkungan membahas mengenai olah gerak kapal yang mengganggu berjalannya proses evakuasi. Pada Sub-bab ini, segala sesuatu mengenai gangguan terhadap proses evakuasi yang disebabkan oleh gerakan kapal diabaikan, dan akan dibahas pada sub-bab selanjutnya.

4. Kategori Prosedural

Kategori Prosedural menitikberatkan pada penilaian terhadap keempat kasus. Dalam kategori ini ABK diasumsikan untuk mengikuti proses jalannya evakuasi menuju titik embarkasi tanpa terkecuali.

4.3.2 Pembuatan Model & Simulasi

Hal yang penting dalam perhitungan waktu evakuasi adalah mengenai model yang dapat mewakili keadaan sebenarnya di lapangan. Simulasi ini bertujuan untuk menghitung *traveling time* pada proses evakuasi. Pembuatan model mengacu pada rencana umum kapal KM. Gunung Dempo. Model dapat dihasilkan dari proses penggambaran ulang *general arrangement* kapal dengan bantuan *software Autocad* untuk membentuk model awal layout kapal yang digunakan untuk simulasi.



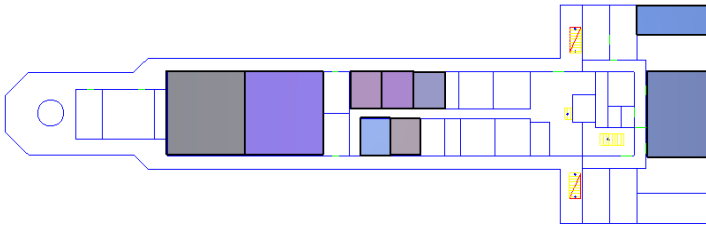
Gambar 4.18 Hasil Penggambaran Ulang General Arrangement KM. Gunung Dempo

Gambar 4.18 diatas merupakan penggambaran rencana umum KM. Gunung Dempo yang telah selesai dibuat. Pada tahap selanjutnya, setelah penggambaran ulang dengan *software Autocad* selesai, dengan menggunakan *software* simulasi *Pathfinder 2016* hasil penggambaran ulang *general arrangement* di *import* ke *software* tersebut.

Import file general arrangement pada *software Pathfinder 2016* di *import* satu persatu setiap dek. Hal ini guna untuk mempermudah penggambaran ruangan pada setiap dek, serta agar dapat menyesuaikan ketinggian antar dek yang nantinya akan dipasang akses berupa tangga. Setiap ruangan dibatasi di semua sisi oleh dinding. Kamar dapat ditarik sehingga mereka saling menyentuh, tetapi agen hanya dapat melakukan perjalanan di antara ruangan jika masing-masing ruangan terhubung oleh sebuah pintu. Hanya satu ruangan dapat menempati ruang yang diberikan, jadi jika satu ruangan bertumpukan dengan yang lain, daerah yang bertumpukan akan dikurangi dari ruang lama dan diberikan kepada yang baru. Ruangan juga dapat digabungkan menjadi satu, dipisahkan menjadi beberapa bagian. Untuk ketinggian ruangan sama dengan ketinggian antar dek yakni 3 meter. Penggambaran denah ruangan dibuat dengan merujuk kepada penggambaran pada *software Autocad* sebelumnya, sesuai dengan spesifikasi *general*

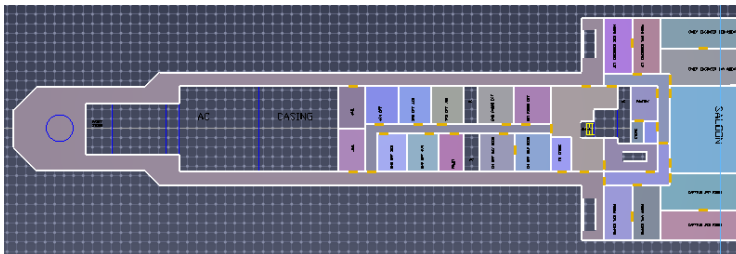
arrangement. Pada setiap dek, semua ruangan yang berkaitan dengan penumpang maupun ABK akan di gambar sebagai jalur akses ataupun tempat untuk beraktifitas masing-masing. Dalam Penggambaran ruangan juga dilengkapi dengan akses pintu agar penumpang dapat keluar ruangan menuju titik evakuasi.

Penggambaran pintu sebagai perantara antar ruangan, disesuaikan dengan prakiraan ukuran pada *general arrangement* dan pengecekan di lapangan.



Gambar 4.19 Proses Penggambaran Ruang Dek 8 KM. Gunung Dempo

Gambar 4.19 diatas merupakan proses pembuatan denah ruangan yang dapat dipakai agen untuk beraktifitas. Pada setiap ruangan masing-masing dek diberi keterangan sesuai *general arrangement* untuk memudahkan nantinya dalam penempatan ABK dan penumpang pada setiap kasus yang telah ditentukan.



Gambar 4.20 Hasil Penggambaran Ruang Dek 8 Lengkap dengan Akses Pintu dan Penamaan Ruang

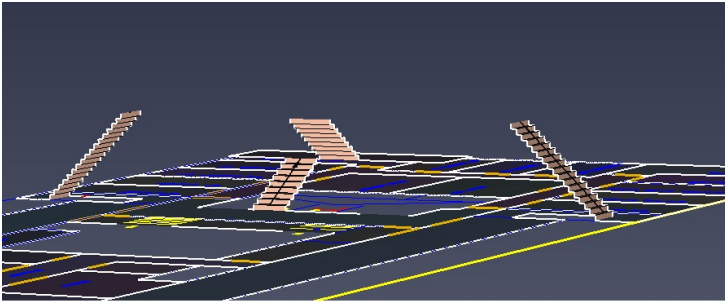
Hal yang sama dilakukan pada dek-dek lainnya seperti pada Gambar 4.20 diatas, hingga seluruh dek tergambar 3 dimensi pada *Pathfinder 2016* sesuai dengan *general arrangement* KM. Gunung Dempo. Perlu diperhatikan mengenai tingkat presisi peletakan pada setiap dek, karena nantinya akan dipasang akses tangga untuk penggabungan antar dek yang peletakannya sesuai *general arrangement*.



Gambar 4.21 Tangga Half-landing Pada Dek Penumpang
Sumber: Dokumentasi Observasi

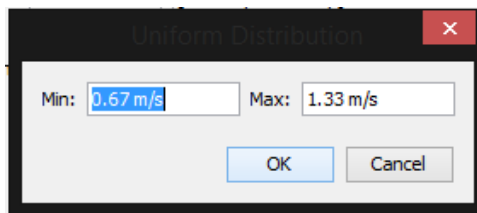
Tangga yang menggabungkan antar dek terdiri dari 2 jenis tangga yakni *half-landing* dan *straight*, tangga *half-landing* mendominasi pada dek yang didominasi oleh penumpang, sedangkan tangga *straight* dominan pada area kerja ABK. Ukuran masing-masing tangga berbeda, disesuaikan dengan volume orang yang mengakses tangga tersebut. Tangga *straight* dibuat dengan menentukan dan meletakkan ujung-ujung tangga pada dek yang akan diberi akses oleh tangga. Pembuatan model tangga *half-landing* yakni dengan menambahkan setengah tinggi antar dek

sebagai perantara antar tangga pada satu jalur penghubung antar dek seperti pada Gambar 4.21 diatas.



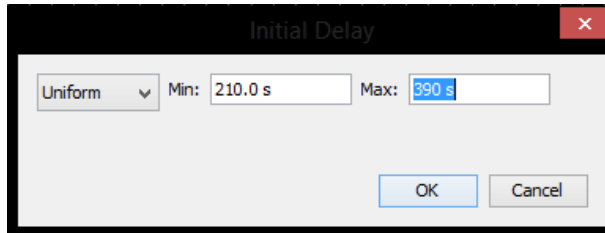
Gambar 4.22 Penggambaran Tangga Half-landing dan Straight Pada Layout Kapal

Setelah mendefinisikan jenis dan ukuran tangga yang sesuai dengan *general arrangement* dan pemeriksaan di lapangan, maka tangga-tangga digambar sebagai perantara sesuai dengan ukuran sebenarnya seperti yang tergambar pada Gambar 4.22 diatas. Penggambaran tangga ini merupakan akhir dari pembuatan model layot kapal 3 dimensi, sebagai dasar dari proses simulasi evakuasi yang akan dilaksanakan. Setelah layout model selesai dibuat, maka langkah berikutnya adalah menambahkan agent yang mewakili penumpang dan ABK sebagai objek proses evakuasi. Masing-masing agen yang akan ditambahkan mempunyai karakteristik masing-masing sesuai dengan input parameter yang telah ditentukan seperti kecepatan berjalan dan respon waktu agen.



Gambar 4.23 Input Karakteristik Kecepatan

Data karakteristik penumpang yang dimasukkan seperti kecepatan berjalan yang telah diolah sebelumnya dan respon waktu agen sebagaimana disajikan pada Tabel 4.7.



The image shows a software dialog box titled "Initial Delay". Inside the dialog, there is a dropdown menu currently showing "Uniform". To the right of the dropdown are two input fields: "Min:" followed by "210.0 s" and "Max:" followed by "390 s". At the bottom right of the dialog are two buttons labeled "OK" and "Cancel".

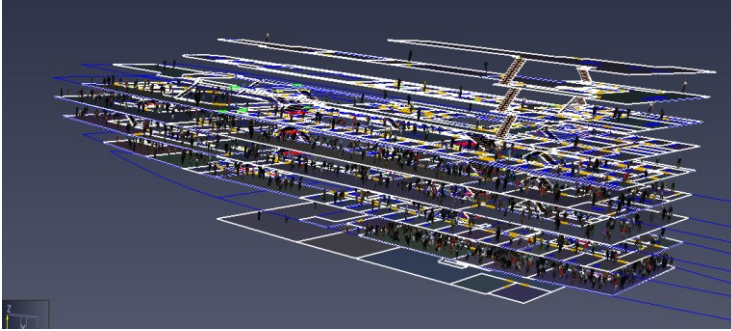
Gambar 4.24 Input Waktu Respon Agen

Tabel 4.8 diatas merupakan input respon waktu agen sesuai dengan waktu simulasi. Gambar diatas menunjukkan simulasi berjalan pada siang hari. Selain itu respon waktu agen, disesuaikan berdasarkan kasus masing-masing siang maupun malam.

Setelah semua data dimasukkan, kemudian persebaran agen diatur sedemikian rupa sesuai dengan kasus masing-masing. Selain itu juga dimasukkan data penunjang lainnya seperti tinggi badan dan lebar bahu para agen dengan asumsi distribusi uniform, ketinggian agen berkisar antara 1,58 – 1,71 meter untuk pria dan 1,47 – 1,6 meter untuk wanita, sesuai data statistik tinggi rata-rata orang Asia Tenggara. Sementara lebar bahu berkisar antara 34 – 48 centimeter baik untuk pria maupun wanita.

Pada penempatan agen yang mewakili ABK dan penumpang yang mempunyai spesifikasi jenis kelamin dan rentang usia masing-masing, untuk ABK mengikuti standar IMO MSC1./Circ.1238 dan merujuk kepada data dari KM. Gunung Dempo sendiri. Penempatan ABK setiap dek disesuaikan dengan kondisi siang dan malam hari sesuai data pada kapal. Untuk agen yang mewakili penumpang, data disesuaikan berdasarkan standar dan data sebaran penumpang pada muatan penuh sesuai definisi siang atau malam. Untuk kelebihan jumlah penumpang sebesar

35%, akan disamaratakan persebarannya sesuai dek yang tersedia pada siang maupun malam hari.



Gambar 4.25 Penggambaran Final Model

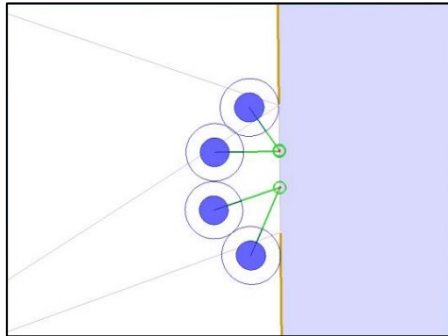
Gambar 4.25 diatas merupakan penggambaran final permodelan evakuasi pada kasus standar evakuasi. Model tersebut sudah siap untuk dijalankan dengan hasil luaran *traveling time*.

Tahap selanjutnya yakni menjalankan simulasi permodelan proses evakuasi. Setelah model sudah lengkap dan siap untuk di running maka proses simulasi dapat segera di jalankan. Proses evakuasi ini berjalan sesuai dengan spesifikasi kemampuan PC komputer yang digunakan atau bisa juga sesuai dengan mengoptimalkan kinerja *software Pathfinder 2016* sendiri. Sebelum proses menjalankan simulasi dimulai, harus terlebih dahulu menentukan parameter simulasi yang akan digunakan. Dalam proses simulasi evakuasi yang akan dijalankan, parameter yang paling penting adalah perilaku proses evakuasi.

Terdapat dua sistem permodelan simulasi yang terdapat pada *software Pathfinder 2016* ini yakni sistem steering dan sistem SFPE. Sistem steering mode mencoba untuk menirukan tingkah laku dan pergerakan manusia semirip mungkin. Sistem ini bergantung kepada interaksi agen dan penghindaran terhadap terjadinya tabrakan antar agen. Sedangkan sistem SFPE yakni sebagaimana dijelaskan pada SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (Nelson dan Mowrer, 2002) yang mengontrol laju

aliran dan antrian pada pintu. Perilaku proses evakuasi yang ditentukan adalah pada mode SFPE, karena kemacetan diatur sedemikian rupa sehingga tidak melebihi asumsi awal yakni 4 orang/m² untuk periode waktu yang signifikan.

Sebelumnya telah dilakukan percobaan mengenai kedua sistem perilaku pada proses evakuasi. SPFE berjalan dengan sebagaimana mestinya, pada proses evakuasi dengan parameter sistem SPFE setiap proses evakuasi selalu berhasil atau tidak berhenti pada saat proses evakuasi dikarenakan tabrakan antar agen maupun antara agen dengan dinding.



Gambar 4.26 Agen yang berhenti bergerak pada saat proses evakuasi steering mode

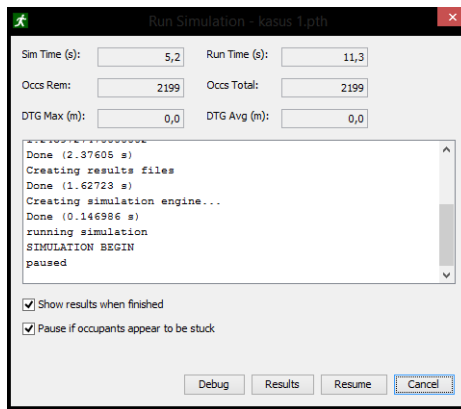
Sumber: *Technical Reference Pathfinder* 2016

Gambar 4.26 diatas menunjukkan bahwa pada sistem steering ujicoba yang dilakukan mengalami beberapa kendala yakni pada setiap proses evakuasi berjalan tidak selalu berhasil. Hal tersebut diakibatkan karena interaksi tubrukan antar agen yang mengakibatkan kumpulan agen tidak bergerak dan menutupi lorong jalur evakuasi sehingga sistem steering tidak berjalan dengan sempurna.

Seperti yang dijelaskan dalam “*Technical Reference Pathfinder 2015*” bahwa pada sistem steering, agen yang bersentuhan dengan agen lainnya akan berhenti bergerak apabila

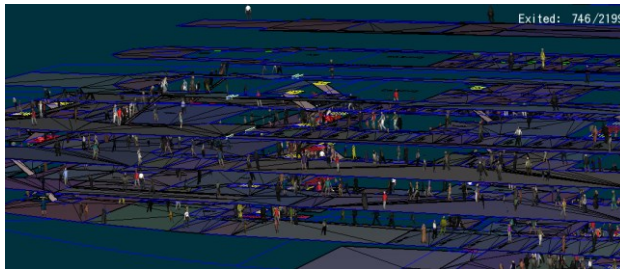
ruang mereka terbatas dan dengan prioritas yang sama. Oleh karena itu dipilihlah sistem SPFE yang dianggap bisa relevan untuk proses menggambarkan proses evakuasi yang sebenarnya.

Setelah parameter simulasi ditentukan, maka akan dilanjutkan dengan menjalankan proses simulasi evakuasi. Untuk menjalankan proses simulasi, maka yang harus dilakukan adalah menekan menu bar “*Run Simulation*” lalu secara otomatis akan muncul dialog box mengenai berjalannya proses simulasi evakuasi.



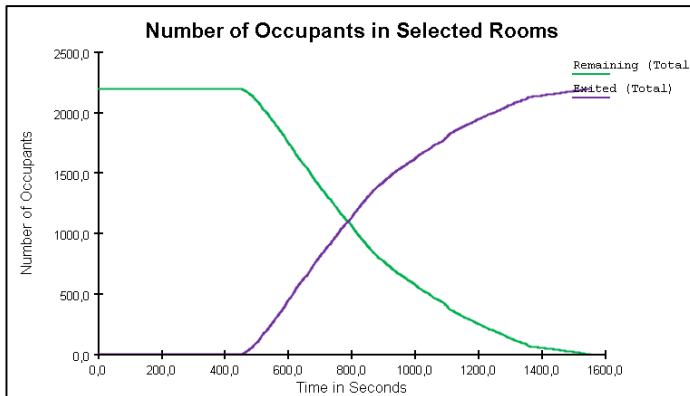
Gambar 4.27 Dialog Box Proses Simulasi Evakuasi

Gambar 4.27 diatas menunjukkan bahwa sedang berlangsung proses simulasi permodelan evakuasi. Setelah proses berjalan dan semua agen sudah dievakuasi, maka proses akan berhenti dan secara otomatis akan menampilkan video mengenai proses berjalannya waktu *traveling time* evakuasi.



Gambar 4.28 Proses Simulasi Evakuasi

Berdasarkan Gambar 4.8 diatas, dalam video hasil simulasi evakuasi ditampilkan beberapa informasi yakni terkait jumlah penumpang yang mencapai titik *muster point* dalam satuan waktu. Untuk masing –masing kasus memiliki hasil yang berbeda sesuai dengan karakteristik kasus masing-masing. Pada setiap kasus dibuat 1 permodelan simulasi yang hasilnya ditampilkan kedalam grafik.

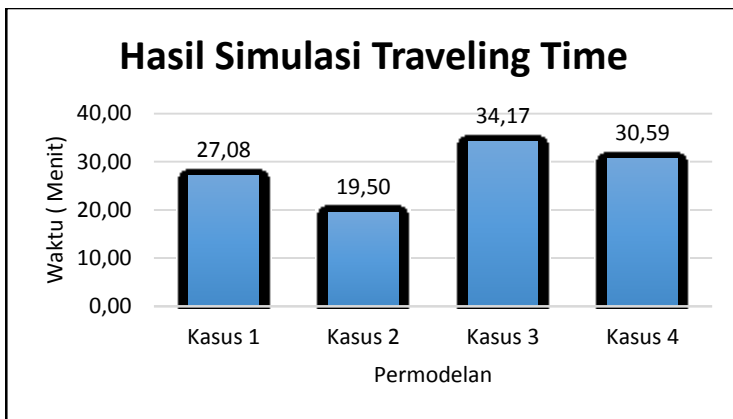


Gambar 4.29 Hasil Simulasi Kasus 1

Berikut contoh grafik pada kasus 1 yakni kasus utama pada malam hari. Berdasarkan gambar grafik 4.29 menunjukkan proses evakuasi dan waktu yang ditempuh dalam proses evakuasi. Dari grafik tersebut dapat dianalisa bahwa pada kapal KM. Gunung

Dempo membutuhkan waktu setidaknya 1600 detik untuk penumpang dan ABK menuju ke muster poin yang telah ditentukan. Penyajian grafik pada setiap kasus yang lebih lanjut akan disajikan pada bagian lampiran.

Dari hasil simulasi dari keempat kasus , didapatkan bahwa data hasil simulasi *traveling time* proses evakuasi sebagai berikut.



Gambar 4.30 Hasil Simulasi Traveling Time

Gambar 4.30 diatas merupakan hasil dari simulasi evakuasi berupa waktu *traveling time* yang nantinya akan diolah untuk dijadikan waktu evakuasi.

4.3.3 Hasil Perhitungan Evakuasi

Setelah mendapatkan masing-masing nilai *traveling time*, maka langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai *traveling time* yang telah didapat ke standar performa.

$$1,25 T + 2/3 (E+L) \leq n$$

$$(E+L) \leq 30 \text{ Menit}$$

Maka untuk masing-masing kasus, diperlukan waktu seperti yang tertampil pada tabel 4.9.

Sebagai contoh perhitungan terhadap kasus 1. Pada proses simulasi *traveling time* evakuasi, untuk kasus 1 membutuhkan waktu 27,08 menit (sudah termasuk *delay time*). Perhitungan waktu evakuasi sebagai berikut :

$$\text{waktu evakuasi} = 1,25 (27,08) + \frac{2 (30)}{3} \text{ menit}$$

$$\text{waktu evakuasi} = 54,35 \text{ menit}$$

Dari hasil tabel 4.10 dapat diidentifikasi bahwa pada siang hari memerlukan waktu yang relatif lebih singkat daripada malam hari. Selain itu, kasus utama juga memerlukan waktu yang relatif lebih singkat daripada kasus sekunder.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Waktu Evakuasi Pada Kondisi Standar

Kasus	Waktu Evakuasi (menit)
Kasus 1 (Utama, malam)	54,35
Kasus 2 (Utama, siang)	44,38
Kasus 3 (Sekunder, malam)	63,11
Kasus 4 (Sekunder, siang)	58,24

Sumber : Hasil Perhitungan

Dalam perhitungan waktu evakuasi, IMO membatasi waktu sebagaimana yang tertulis pada IMO MSC.1/Circ.1238 bahwa untuk kapal yang memiliki 3 MVZ (Main Vertical Zone) memiliki batas waktu evakuasi 80 menit. Dari data yang disajikan pada Tabel 4.10 semua perhitungan pada keempat kasus tidak melebihi 80 menit.

4.4 Permodelan Evakuasi Pada Saat Kapal List

Permodelan pada kasus kapal dalam keadaan miring atau list ini dimodelkan untuk mengukur atau mengestimasi berapa waktu yang sekiranya dibutuhkan untuk proses evakuasi secara

keseluruhan. Permodelan ini tidak sepenuhnya mewakili setiap derajat kapal tersebut akan terbalik, tetapi mewakili sudut tertentu yang dapat mewakili kemiringan kapal yang relevan untuk digunakan karena permodelan *Agen Basic Model Simulation* (ABMS) memiliki keterbatasan yakni tidak bisa memanipulasi kecepatan sesuai dengan sudut kemiringan kapal yang dinamis. Selain itu konversi nilai kecepatan terhadap kemiringan sudut terbatas hanya beberapa sudut.

Permodelan ini dimodelkan dengan perbedaan kecepatan dan titik *muster point* yang berubah. Terjadinya perbedaan kecepatan yang dimaksud adalah perbedaan kecepatan berjalan agen dari permodelan sebelumnya.

Tabel 4.11 Konversi Kecepatan Pada Kasus Heel

Rentang Usia	10 Heel	20 Heel
Muda	0,94	0,88
Menengah	0,92	0,84
Senior	0,9	0,8

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.12 Konversi Kecepatan Pada Kasus Trim

Rentang Usia	-20	-10	10	20
Muda	0,94	0,99	0,88	0,73
Menengah	0,94	0,99	0,86	0,73
Senior	0,88	0,97	0,86	0,67

Sumber: The Safeguard Heel Scenario Evacuation Benchmark And Recommendation To IMO To Update MSC.1 /Circ.1238

Pada permodelan sebelumnya pada saat observasi di lapangan, data yang diambil adalah ketika kapal dalam keadaan normal atau tidak dalam keadaan miring (*heel* maupun *trim*). Dalam kasus ini, kecepatan berjalan masing-masing karakteristik agen mengalami gradasi sedemikian rupa seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.11 dan 4.12.

4.4.1 Permodelan Evakuasi Pada Kasus *Listing*

Pada permodelan *list* ini dimodelkan sama seperti permodelan evakuasi sebelumnya dengan variasi kasus heel 20⁰ serta trim 10⁰. Untuk kasus heel, *muster point* yang digunakan yakni salah satu sisi *starboard side* atau *portside* saja. Hal ini dikarenakan pada saat *list* yang digunakan untuk proses evakuasi penumpang dan ABK, alat penyelamat seperti *liferaft* dan sekoci penyelamat yang digunakan adalah pada sisi terendah dari kapal tersebut. Hal ini dikarenakan pada sisi terendah kapal pada saat miring dapat dimungkinkan untuk peluncuran *liferaft* maupun sekoci penyelamat, karena apabila diluncurkan pada sisi yang lebih tinggi dapat dimungkinkan *liferaft* atau sekoci penyelamat membentur dinding kapal yang telah tidak dalam posisi normal atau *evenkeel*.

Pada permodelan *list* ini sama seperti permodelan evakuasi pada kondisi normal, yakni pada kondisi malam dan siang. Simulasi yang dilakukan pada kasus *list* ini yakni dengan *heel* 20⁰ serta *trim* 10⁰ dimaksudkan untuk mengambil sudut terbesar ketika *heel* dan kondisi ketika kapal *trim* ketika belum terjadi kondisi ekstrim.

Tabel 4.13 Hasil Konversi Kecepatan Pada Kasus Heel 20⁰

Populasi Penumpang	Kecepatan Berjalan Pada Heel 20 derajat (m/s)	
	Min	Maks
Pria Usia Kurang dari 30	0,45	1,34
Pria Usia 30-50	0,56	1,13
Pria Usia Lebih dari 50	0,37	1,07
Wanita Usia Kurang dari 30	0,39	1,03
Wanita Usia 30-50	0,47	1,02
Wanita Usia Lebih dari 50	0,39	0,87
Populasi ABK	Kecepatan Berjalan Pada Heel 20 derajat (m/s)	
	Min	Maks
Pria	0,68	1,04

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.14 Hasil Konversi Kecepatan Pada Kasus Trim 10⁰

Populasi Penumpang	Kecepatan Berjalan Pada Trim 10 derajat (m/s)	
	Min	Maks
Pria Usia Kurang dari 30	0,45	1,34
Pria Usia 30-50	0,58	1,16
Pria Usia Lebih dari 50	0,40	1,15
Wanita Usia Kurang dari 30	0,39	1,03
Wanita Usia 30-50	0,48	1,04
Wanita Usia Lebih dari 50	0,42	0,94
Populasi ABK	Kecepatan Berjalan Pada Trim 10 derajat (m/s)	
	Min	Maks
Pria	0,70	1,07

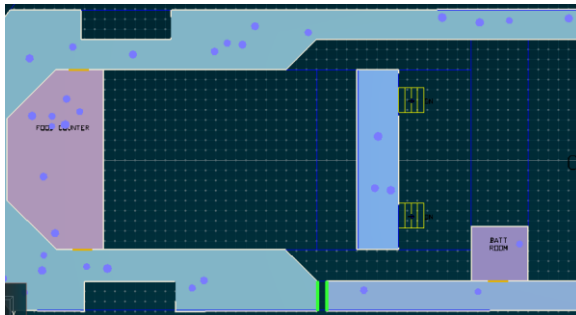
Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.13 dan 4.14 merupakan hasil konversi kecepatan pada kondisi *heel* 20⁰ serta *trim* 10⁰. hasil dari konversi kecepatan berjalan tersebut akan digunakan untuk permodelan selanjutnya, yakni permodelan *listing*.

Dengan hasil konversi kecepatan berjalan penumpang dan ABK maka proses simulasi dapat dilaksanakan sesuai skenario yang direncanakan. Pada kasus ini, parameter-parameter yang digunakan seperti waktu respon agen pada masing-masing waktu siang dan malam, identifikasi penempatan penumpang maupun ABK diatur sedemikian rupa hingga sama seperti kasus permodelan evakuasi pada kondisi normal. Hal ini dimaksudkan untuk hasil yang didapatkan nantinya dapat dibandingkan satu dengan yang lain dan dapat dianalisa perbedaan dan penyebabnya.

4.4.2 Model Evakuasi Pada Kasus *List*

Pembuatan model tidak berbeda jauh dengan model yang dibuat pada kasus sebelumnya. Pada kasus *heel* 20⁰, *muster area* pada dek 6 dan 7 yang digunakan hanya satu sisi, sedangkan pada kasus *trim* 10⁰ semua *muster area* digunakan seperti yang tergambar pada Gambar 4.31 dibawah ini.



Gambar 4.31 Muster Area Pada Dek 7 yang Digunakan Pada Kasus Heel 20⁰

Langkah-langkah yang dilakukan sama seperti simulasi pada kasus sebelumnya. Dengan variasi kasus seperti *heel* dan *trim* ini diharapkan mendapatkan waktu proses evakuasi yang mencerminkan sesuai dengan kondisi nyata apabila kapal mengalami kasus yang sedemikian rupa. Setelah semua parameter sudah diatur sedemikian rupa, maka langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi permodelan kasus *list*. Hingga didapatkan keluaran berupa grafik dan proses evakuasi yang diinginkan.

Berikut merupakan hasil dari proses simulasi yang dijalankan berdasarkan beberapa parameter dan asumsi yang digunakan untuk mensimulasikan kasus *list*.

Tabel 4.15 Hasil Proses Simulasi Traveling Time Pada Kasus List

Waktu	Permodelan Kasus	Traveling Time (min)
Siang	Trim 10 Derajat	24,56
	Heel 20 Derajat	23,32
Malam	Trim 10 Derajat	30,36
	Heel 20 Derajat	29,37

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.15 diatas merupakan data hasil simulasi *traveling time*. Data tersebut selanjutnya diolah menjadi waktu evakuasi secara keseluruhan dengan mengikuti standar IMO MSC.1/Circ.1238.

4.4.3 Hasil Perhitungan Evakuasi Kasus *List*

Waktu *Traveling Time* Selanjutnya diolah kembali untuk mendapatkan waktu total evakuasi pada sebuah kasus. IMO MSC.1 Circ/1238 memberikan rumusan perhitungan waktu total proses evakuasi sebagai berikut :

$$1,25 T + 2/3 (E+L) \leq n$$

$$(E+L) \leq 30 \text{ Menit}$$

Sehingga masing-masing kasus *list* diatas dapat dicari waktu total evakuasinya. Hingga mendapatkan waktu total evakuasi pada masing-masing kasus seperti yang tersaji pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.16 Waktu Simulasi Proses Evakuasi Pada Kasus *List*

Waktu	Permodelan Kasus	Waktu Evakuasi (menit)
Siang	Trim 10 Derajat	51,1
	Heel 20 Derajat	49,15
Malam	Trim 10 Derajat	58,35
	Heel 20 Derajat	57,21

Tabel 4.16 diatas menjelaskan hasil dari perhitungan waktu total simulasi proses evakuasi pada kondisi *list* maka didapatkan perbandingan dengan kondisi normal sesuai dengan kondisi waktu proses simulasi. Maka didapatkan perbedaan yakni untuk kasus waktu siang (kasus 2 pada simulasi evakuasi normal) dibandingkan dengan waktu total untuk evakuasi pada *trim* 10⁰ waktu total evakuasi mengalami kenaikan sebesar 13,1% dan pada kondisi *heel* 20⁰ mengalami kenaikan sebesar 9,7%. Sedangkan pada kasus malam, perbedaan waktu total evakuasi pada kasus 1 pada simulasi evakuasi normal dengan waktu total untuk evakuasi

pada *trim* 10⁰ mengalami kenaikan sebesar 6,8% dan pada kondisi *heel* 20⁰ mengalami kenaikan sebesar 5%.

Dengan demikian perbedaan yang dihasilkan dapat membuktikan bahwa pada kondisi *trim* maupun *heel* membutuhkan waktu yang relatif lebih besar dibanding waktu yang dibutuhkan pada kondisi normal. Hal ini dikarenakan terjadi pengurangan opsi atau pilihan akses untuk menuju *muster point* dan turunnya kecepatan berjalan yang disebabkan oleh *heel* dan *trim*.

4.5 Permodelan Evakuasi Kasus Pada Kebakaran

Permodelan evakuasi kebakaran ini dimodelkan untuk menghitung waktu evakuasi dalam keadaan kapal mengalami kebakaran. Permodelan kebakaran ini dimodelkan dengan ditambahkan sumber api sesuai dengan material yang terbakar. Sumber ditambahkan sedemikian rupa kedalam model dengan maksud nyala api dan asap yang dihasilkan dari material yang terbakar yang dapat mengganggu pergerakan penumpang dan ABK dalam menjalankan proses evakuasi.

Permodelan kebakaran ini dilakukan dengan bantuan *software Autocad*, *Pyrosim 2016* dan *Pathfinder 2016* dengan proses sebagai berikut

Tabel 4.17 Langkah-Langkah yang Dilakukan Dalam Proses Permodelan Evakuasi Pada Kasus Kebakaran

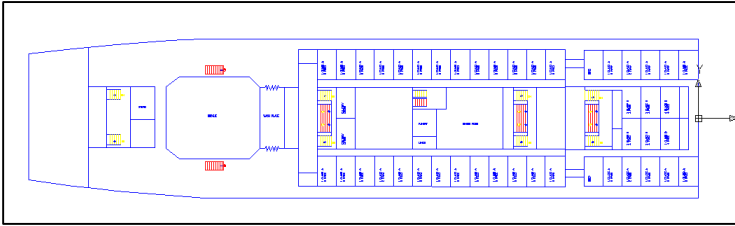
<i>Software</i>	Tugas	Keterangan
<i>Autocad</i>	Membuat permodelan layout kapal pada setiap dek kapal	<ul style="list-style-type: none"> Model yang dibuat berdasarkan rencana umum kapal KM. Gunung Dempo Model dibuat dengan menandai setiap batas antar ruangan
<i>Pyrosim</i>	<i>Pyrosim</i> berfungsi untuk memodelkan kebakaran	<ul style="list-style-type: none"> Memodelkan kebakaran dari layout yang digambar pada <i>Autocad</i>

		<ul style="list-style-type: none"> • Memisahkan dan menata urutan setiap dek kapal • Membuat dinding dan lubang antar dek • Mensimulasikan permodelan kebakaran
<i>Pathfinder</i>	Memodelkan waktu traveling time evakuasi	<ul style="list-style-type: none"> • Mensimulasikan proses evakuasi dari luaran yang dihasilkan dari permodelan kebakaran yang telah dibuat dan dianalisa • Menghasilkan luaran waktu traveling time yang nantinya diolah menjadi waktu total sproses evakuasi

Tabel 4.17 diatas menjelaskan langkah-langkah secara umum dalam pembuatan permodelan evakuasi untuk kasus kebakaran. Permodelan kasus kebakaran ini berbeda karena harus melewati permodelan kebakaran terlebih dahulu untuk mendapatkan data-data yang relevan untuk permodelan selanjutnya, yakni permodelan dan simulasi evakuasi.

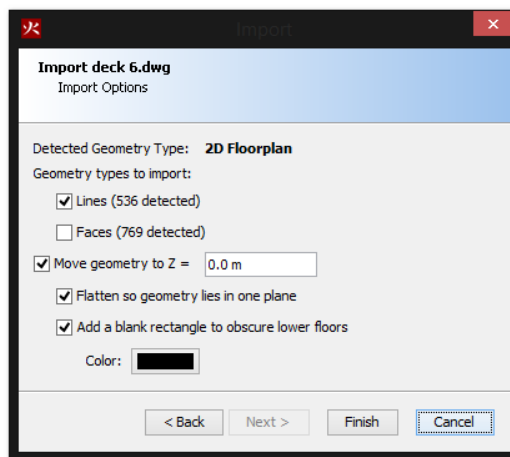
4.5.1 Pembuatan Model Simulasi Kebakaran

Permodelan kebakaran ini dimulai dengan menggambar rencana umum pada setiap dek kapal pada *Software Autocad* dengan dimensi kapal yang sebenarnya dan hanya dengan ruangan yang dapat ditempati oleh Penumpang atau ABK dan ditambahkan keterangan nama pada setiap ruangan.



Gambar 4.32 Penggambaran pada Autocad dengan skala 1:1
Pada dek 6

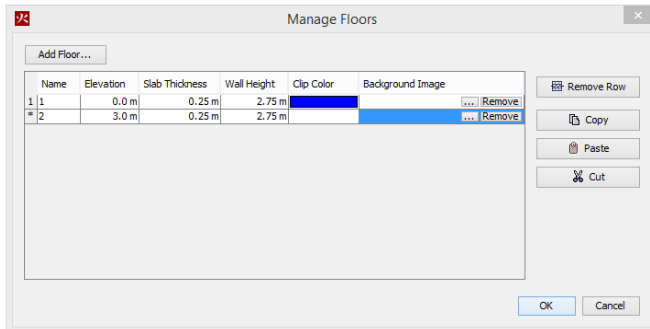
Seperti yang tergambar pada Gambar 4.32 diatas, Penggambaran pada Autocad ini dibuat dengan skala 1:1 dengan maksud agar pada waktu *import* pada *software Pyrosim* tidak kesulitan untuk menggambar pada skala sebenarnya.



Gambar 4.33 Import Gambar Dari Autocad Dengan Luaran 2
Dimensi pada Input Pyrosim

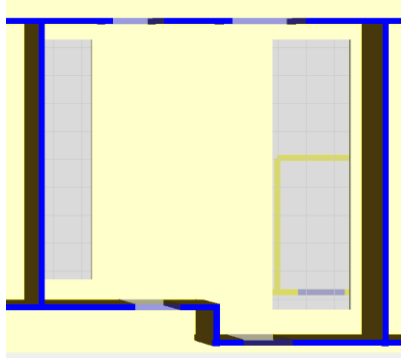
Setelah semua penggambaran setiap dek dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah *import* gambar dari *Autocad* menuju *software Pyrosim*. Seperti yang tergambar pada Gambar 4.33

Import gambar 2 dimensi ini disesuaikan sesuai dengan dek yang sesuai dengan *general arrangement kapal* tersebut.



Gambar 4.34 Import Gambar Dari Autocad Berdasarkan Tinggi dan letak dek

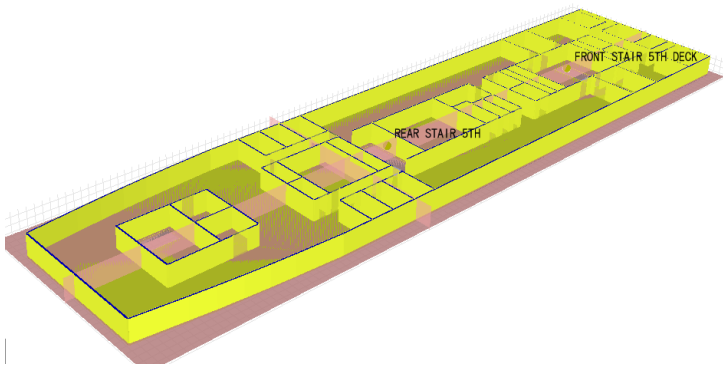
Setelah gambar 2 dimensi dimasukkan semua, maka langkah selanjutnya membuat gambar 2 dimensi menjadi 3 dimensi dengan cara *extrude* garis hasil masukan dari *Autocad* menjadi dinding dengan tebal yang telah ditentukan. Tebal dan jenis material disesuaikan mendekati dengan kondisi nyata.



Gambar 4.35 Pembuatan Lubang Untuk Akses Tangga Dan Pintu

Gambar 4.35 diatas menunjukkan bahwa sebelum memasuki penggantian material, terlebih dahulu membuat lubang

pada setiap dinding maupun lantai. Lubang ini difungsikan untuk jalur akses asap maupun api untuk keluar ke satu ruangan ke ruangan yang lain. Lubang tersebut dapat berupa pintu maupun tangga yang mengabungkan akses pada setiap dek. Lubang ini ditentukan dimensi panjang dan lebarnya sedemikian rupa sesuai skala yang berada pada rencana umum kapal tersebut.



Gambar 4.36 Import Gambar Dari Autocad Setelah Di Extrude Dan Diberi Lubang Akses Pintu Maupun Tangga

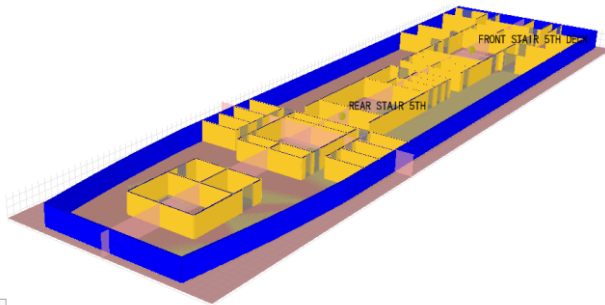
Gambar 4.36 merupakan contoh dari penggambaran 3 dimensi sebuah dek yang telah diberi lubang akses. Untuk dek-dek yang lain disesuaikan dengan rencana umum kapal tersebut agar permodelan dapat sesuai dan relevan untuk digunakan selanjutnya.

Pada permodelan kebakaran ini jenis pengelompokan material yang digunakan yakni *floor*, *externall wall*, *internal wall*, *upholstory* dan *burner*. Masing-masing kelompok jenis material ini memiliki susunan material yang berbeda, mendekati material sebenarnya pada kapal. Detail dari pengelompokan jenis material ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4.18 Detail Material Pada Permodelan Kebakaran

Material	Keterangan	Komposisi
<i>floor</i>	Material yang digunakan sebagai lantai pada setiap deck	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Steel</i> • <i>Tile Material</i> • <i>Wood</i>
<i>externall wall</i>	Dinding luar kapal	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Steel</i> • <i>Gypsum</i> • <i>Rockwool</i> • <i>Gypsum Plaster</i>
<i>internal wall</i>	Dinding kapal bagian dalam yang memisahkan antar ruangan	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Steel</i> • <i>Wood</i> • <i>Rockwool</i> • <i>Concrete</i> • <i>Gypsum Plaster</i>
<i>upholstory</i>	Model perabotan yang ada didalam ruangan	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Steel</i> • <i>Wood</i>

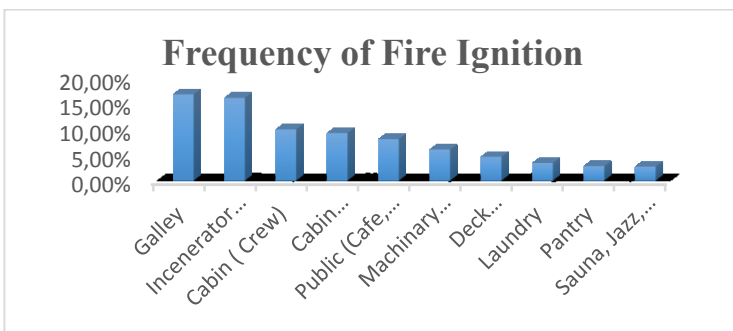
Perincian komposisi material ini dimaksudkan untuk menyerupai komposisi material yang ada di kapal. Selain itu juga untuk memilah berdasarkan titik nyala masing-masing material sesuai karakteristiknya yang bisa saja memungkinkan apabila material tersebut ikut terbakar oleh nyala api. Detail konsentrasi dan karakteristik komponen material akan dicantumkan didalam lampiran.



Gambar 4.37 Permodelan Yang Sudah Disesuaikan Dengan Jenis Material

Pada gambar Gambar 4.41 diatas, perbedaan warna dijadikan tanda bahwa masing-masing warna mempunyai komposisi material yang berbeda untuk memberikan identifikasi yang berbeda pada setiap komponen bangun.

Setelah seluruh model dibuat kedalam material yang telah disesuaikan dengan kenyataan, model kapal tersebut ditambahkan sumber api untuk mensimulasikan terjadinya kebakaran. Pada kasus ini, posisi kebakaran yang terjadi dimodelkan di *Galley* merujuk kepada “SAFEDOR. Design, Operation & Regulation For Safety Final Conference, 2009”



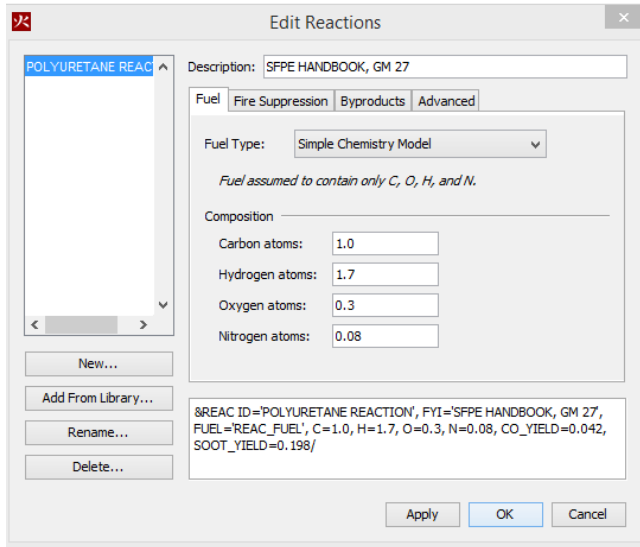
Gambar 4.38 Frekuensi Terjadinya Kebakaran Pada Kapal

*Sumber: Safedor Design, Operation & Regulation For Safety
Final Conference, 2009*

Permodelan kebakaran ini disimulasikan dengan asumsi bahwa material yang mula-mula terbakar adalah material yang berada pada *galley* dengan jenis material kayu. Material ini terbakar dan mempunyai *Heat Release Rate Per Area* (HRRPA) sebesar 50 kW/m^2 dengan lebar luasan yang terbakar adalah sebesar $2,4 \text{ m}^2$. Nilai HRRPA ini didapatkan sesuai dengan “Design Fires for Fire Safety Engineering”, seperti yang tergambar pada Gambar 4.38 diatas.

Cara menambahkan sumber api untuk membakar material yang disebutkan yakni dengan menambahkan vent pada lokasi yang akan direncanakan untuk dijadikan sumber api. Lalu membentuk dimensi sesuai kebutuhan dan memberikan profil fungsi bentuk tersebut sebagai sumber api (*burner*). Kemudian setelah menentukan luasan sumber api beserta besaran HRRPA, langkah selanjutnya yakni menentukan reaksi yang akan digunakan pada sumber api saat simulasi kebakaran berlangsung. Reaksi yang digunakan yakni reaksi *Polyurethane* dengan menggunakan standar “SPFE Handbook, GM 27” dengan detail komposisi sebagai berikut.

- *Carbon atoms 1,0*
- *Hydrogen Atoms 1,7*
- *Oxygen Atoms 0,7*
- *Nitrogen Atoms 0,08*



Gambar 4.39 Penentuan Reaksi Yang Dihasilkan Oleh Sumber Api

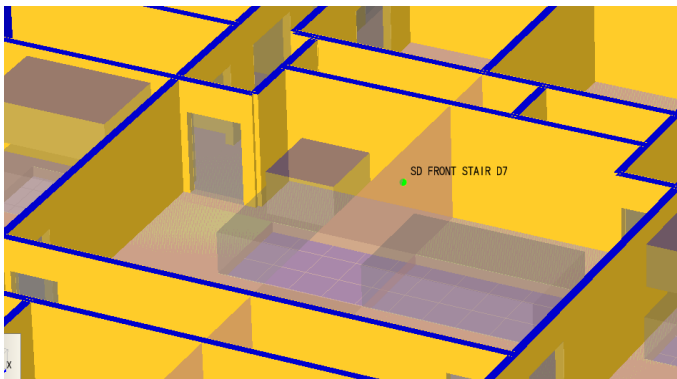
Setelah proses penambahan reaksi kebakaran pada model simulasi kebakaran, maka model yang telah dibuat bisa dijalankan, tetapi memerlukan beberapa indikator dan parameter untuk menganalisa proses terjadinya kebakaran yang akan disimulasikan. Penambahan beberapa parameter indikator yang dibutuhkan meliputi *device* yang meliputi *Termometer*, *Smoke Detector*, *Heat Detector* dan *Specific Heat*. Semua *device* ini ditempatkan pada titik-titik strategis pada jalur akses di dalam kapal menuju *muster area*. Misalnya penempatan *Smoke Detector* dan *Heat Detector* pada tangga akses menuju dek atas untuk memudahkan menganalisa kondisi lingkungan pada setiap titik yang krusial untuk proses evakuasi penumpang dan ABK. Berikut *device* yang akan dipasang pada permodelan kebakaran ini.

Tabel 4.19 Detail Peletakan Device Pada Permodelan Kebakaran

<i>Device</i>	Penempatan	Fungsi
Termometer	Burner Area	Mengetahui temperatur pada area sekitar sumber api
<i>Specific heat</i>	Burner Area	Mengetahui kapasitas kalor pada sekitar area sumber api
Termometer	<ul style="list-style-type: none"> • Tangga dek 5 bagian belakang • Tangga dek 6 bagian belakang • Tangga dek 4 bagian depan • Tangga dek 4 bagian belakang 	Mengetahui temperatur pada area akses tangga Mengetahui temperatur pada area akses tangga Mengetahui temperatur pada area akses tangga
		Mengetahui temperatur pada area akses tangga Mengetahui temperatur pada area akses tangga
Termometer	<ul style="list-style-type: none"> • Tangga dek 5 bagian depan • Tangga dek 5 bagian depan • Tangga dek 3A • Tangga dek 3B • Tangga dek 3D • Tangga dek 8A • Tangga dek 9A • Muster area dek 6 • Muster area dek 7 	Mengetahui temperatur pada area akses tangga Mengetahui temperatur pada area akses tangga

<i>Smoke Detector</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tangga dek 4 bagian depan • Tangga dek 4 bagian belakang • Tangga dek 5 bagian depan • Tangga dek 5 bagian belakang • Tangga dek 6 bagian depan • Tangga dek 6 bagian belakang • Tangga dek 7 bagian depan • Tangga dek 7 bagian belakang 	Mengetahui konsentrasi asap pada akses tangga
-----------------------	--	---

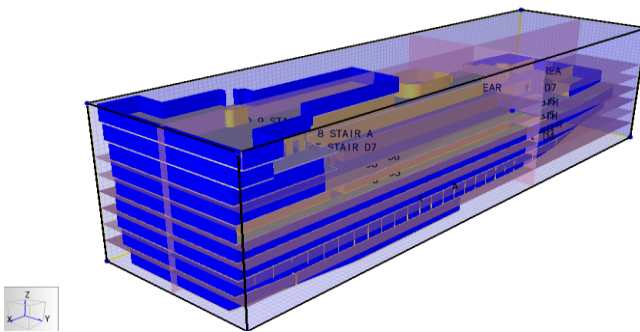
Tabel 4.19 diatas menunjukkan *device* apa saja yang akan digunakan untuk permodelan kebakaran ini. *Device* ini digunakan untuk mengidentifikasi kondisi dan karakteristik lingkungan pada permodelan kebakaran.



Gambar 4.40 Penempatan Planar Slices dan Device berupa Smoke Detector

Selain *device* yang dipasang dan bertujuan untuk mendapatkan luaran keadaan lingkungan pada titik tertentu, parameter selanjutnya yang diinput adalah *slices* seperti yang tergambar pada Gambar 4.40. *Slices* ini berfungsi mirip seperti *device* yang berbentuk luasan dan dapat merekam data pada saat terjadinya simulasi kebakaran, tetapi luaran yang dihasilkan yakni berupa grafik planar yang merekam keadaan sekitar berdasarkan fungsi dari luasan planar *slices* tersebut, seperti misalnya temperatur lingkungan ataupun jumlah asap yang berada pada planar tersebut.

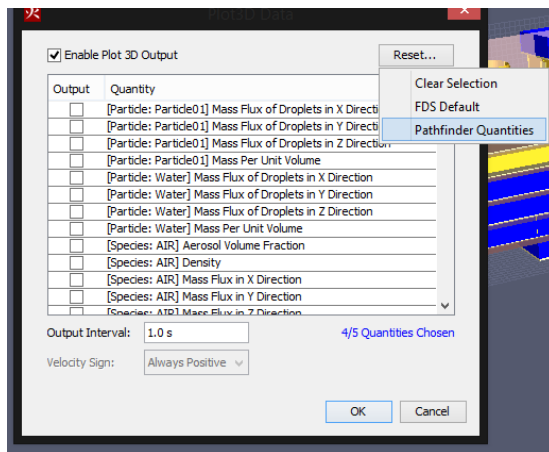
Langkah terakhir adalah pembuatan *mesh* dari permodelan kebakaran ini. *Mesh* berfungsi untuk membatasi area yang terdampak kebakaran pada permodelan ini. Pada permodelan ini mesh yang dibatasi adalah 1 kapal penuh dengan *open ventilation* yang berada pada atas kapal. *Open ventilation* ini berfungsi untuk tempat keluarnya asap ataupun api yang dihasilkan pada permodelan kebakaran agar asap yang dihasilkan tidak terjebak pada batasan mesh yang ditentukan. *Mesh* yang dibuat juga memperhitungkan dimensi pada setiap jumlah dan dimensi *mesh* itu sendiri. Dampak yang diakibatkan terhadap jumlah *mesh* yang dibentuk yakni semakin banyak *mesh* yang dibentuk berdampak pada proses analisa yang dilakukan oleh komputer akan memakan waktu lebih lama.



Gambar 4.41 Pembuatan Mesh Yang Merupakan Batasan Dari Permodelan Kebakaran

Gambar 4.41 menunjukkan Karena 1 kesatuan mesh terdiri dari beberapa detail kubus *mesh* maka ukuran detail kubus mesh sangat mempengaruhi proses lamanya menjalankan proses simulasi. Pada permodelan ini dimensi kubus *mesh* yakni 0,8 x 0,8 x 0,8 meter dan total *mesh* yang dibentuk yakni terdiri dari 153.125 kubus mesh.

Pembuatan model simulasi kebakaran sudah selesai dibuat. Langkah berikutnya yakni mensimulasikan permodelan kebakaran tersebut sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Parameter yang dibutuhkan dalam menjalankan simulasi ini adalah batasan waktu dalam menjalankan simulasi kebakaran. Waktu yang diatur yakni 3600 detik atau 1 jam. Waktu tersebut diambil karena mengacu pada proses traveling time kasus-kasus sebelumnya yakni membutuhkan waktu tidak lebih dari 3600 detik.



Gambar 4.42 Pengaturan Luanan Pyrosim 2016

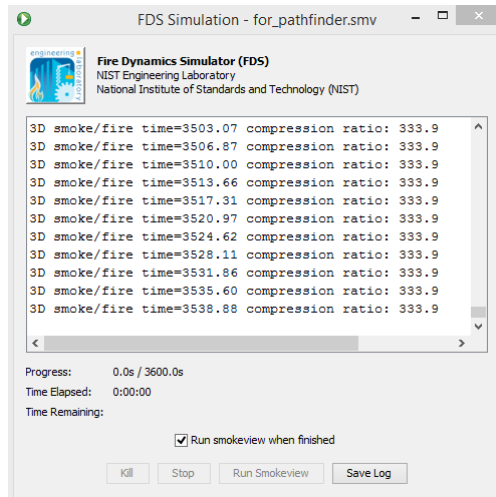
Untuk dapat diintegrasikan dengan permodelan evakuasi pada software *Pathfinder 2016*, maka permodelan kebakaran harus mengeluarkan luanan data berupa grafik planar yang dapat di baca

oleh permodelan evakuasi. Permodelan kebakaran diatur sedemikian rupa hingga dapat dibaca oleh permodelan evakuasi dengan mengatur *Plot 3D Data*. *Plot 3D Data* yang dikeluarkan harus dengan spesifikasi *pathfinder 2016* seperti yang tergambar pada Gambar 4.42.

Terdapat beberapa cara untuk mensimulasikan permodelan kebakaran ini atau yang biasa disebut FDS (*Fire Dynamic Simulation*), yakni *Under Application* atau biasa juga disebut *Under OS* dan *Under DOS*.

Simulasi *Under OS* ini dijalankan dengan sebuah aplikasi yang biasanya terdapat dalam aplikasi pembuat permodelan kebakaran. Sebagai contoh yakni simulasi permodelan kebakaran pada *Pyrosim 2016*. Kelemahan dari simulasi *Under OS* ini adalah menguras kinerja komputer yang digunakan dan memakan banyak waktu dalam proses menjalankan simulasi. Kelebihan dari simulasi *Under OS* ini adalah lebih taktis dalam proses menjalankannya, terdapat parameter estimasi waktu yang dibutuhkan dan cara menjalankan simulasi yang sangat mudah.

Simulasi *Under DOS* memberikan opsi lain dalam menjalankan proses simulasi kebakaran. Berbeda dengan simulasi *Under OS*, simulasi ini berjalan relatif lebih singkat daripada simulasi *Under OS*. Hal ini dikarenakan proses FDS berjalan sendiri pada *command prompt* tanpa aplikasi lainnya yang ikut berjalan. Disamping itu terdapat kekurangan dari proses simulasi ini yakni sedikit susah untuk dijalankan karena harus mengerti terlebih dahulu dalam mengoperasikan *command prompt* (McGrattan, 2016).



Gambar 4.43 Proses Menjalankan Simulasi Permodelan Kebakaran

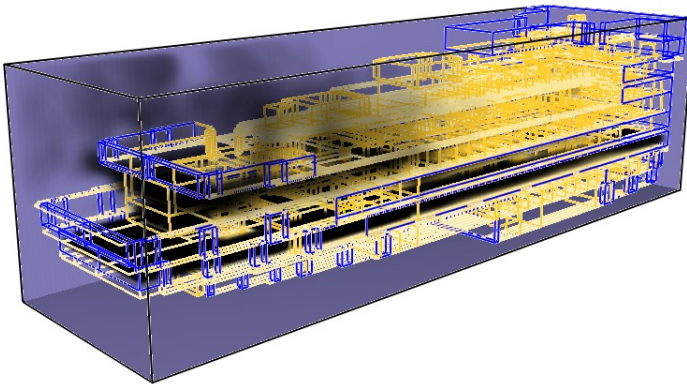
Pada gambar 4.43 menjelaskan mengenai proses berjalannya *running simulation* dengan bantuan *software Pyrosim 2016*.

Permodelan simulasi kebakaran ini menggunakan simulasi *Under OS* dalam menjalankan permodelan. Hal tersebut dikarenakan spesifikasi komputer yang memadai dan dipercaya dapat menjalankan proses simulasi dengan baik. Spesifikasi komputer yang digunakan yakni AMD A8-6410 APU With AMD Radeon R5 2,0 GHz 64 bit dengan kapasitas *Random Acces Memory* (RAM) sebesar 8 *Gigabyte*.

4.5.2 Hasil Simulasi Kebakaran

Proses untuk mendapatkan hasil dari proses simulasi kebakaran ini memerlukan waktu sekitar 18 jam tanpa berhenti. Hasil dari proses simulasi kebakaran berupa animasi grafis dari simulasi tersebut, selain itu juga menghasilkan luaran dari parameter yang sudah dipasang berupa grafik. Dari animasi grafis dapat diperoleh berupa sebaran asap maupun api yang nantinya

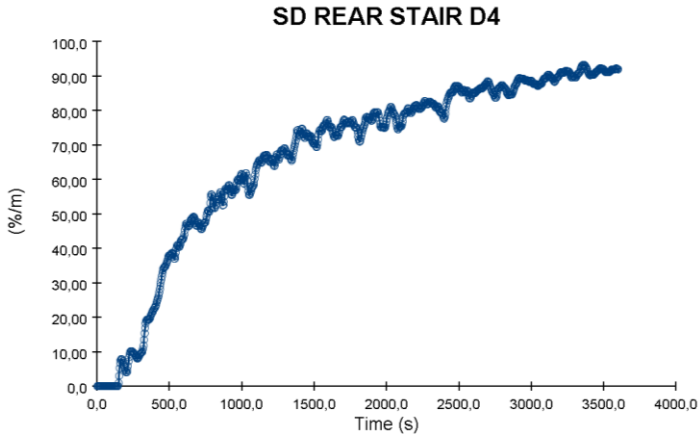
akan dianalisa kembali untuk mendapatkan luaran waktu total simulasi evakuasi pada kasus kebakaran. Animasi grafis ini juga memberikan luaran berupa grafik planar yang telah dipasang, yakni luaran objek *slices*. *Slices* ini nantinya juga akan digunakan sebagai objek yang digabungkan untuk mempermudah simulasi evakuasi yang berdasar pada hasil simulasi kebakaran yang telah dilakukan.



Gambar 4.44 Hasil Dari Proses Menjalankan Simulasi Permodelan Kebakaran

Pada gambar 4.44 yang merupakan luaran dari permodelan kebakaran menunjukkan bahwa penyebaran asap yang berasal dari dek 4 dapat menyebar ke seluruh dek dan dek yang lainnya. Penyebaran asap tersebut dapat dianalisa pergerakannya dengan *device* dan *slice*.

Luaran lain yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi keadaan lingkungan adalah grafik dari luaran pemasangan *device*. Hal ini sangat penting karena dari grafik dapat dilihat suhu, kalor spesifik maupun prosentase jumlah asap yang berapa pada sekitar *device* yang terpasang. Berikut contoh grafik yang dihasilkan dari *device* yang telah dipasang.



Gambar 4.45 Contoh Luaran Grafik yang Dihasilkan

Dari contoh grafik pada Gambar 4.45 diatas maka dapat di analisa waktu dan konsentrasi jumlah asap pada akses tangga yang berada pada dek 4. Nantinya analisa tersebut juga akan menggabungkan proses evakuasi kedalamnya sehingga dapat mempengaruhi proses berjalannya evakuasi. Dapat dilihat bahwa dalam 1 jam tingkat asap yang dihasilkan pada tempat tersebut relatif tinggi sehingga mengganggu dalam proses evakuasi.

Analisa yang telah dilakukan yakni menghasilkan beberapa poin sebagai berikut :

- Proses simulasi yang dilakukan selama 3600 detik tidak menghasilkan kebakaran yang besar, hanya menghasilkan asap yang memungkinkan mengganggu performa agen untuk melaksanakan proses simulasi evakuasi
- Hasil simulasi ini menghasilkan asap yang mencapai *muster area* dengan konsentrasi tinggi karena letak akses tangga yang menghubungkan anter dek berada pada dekat *muster area*.
- Dua akses tangga yang memuat konsentrasi asap yang tinggi yakni tangga bagian belakang kapal (hanya diakses

oleh ABK) dan tangga belakang yang diakses oleh penumpang dan ABK.

Detail analisa akan dilakukan berdasarkan grafik dari pemasangan *slices* dan *device* yang dipasang yang akan disajikan pada lampiran.

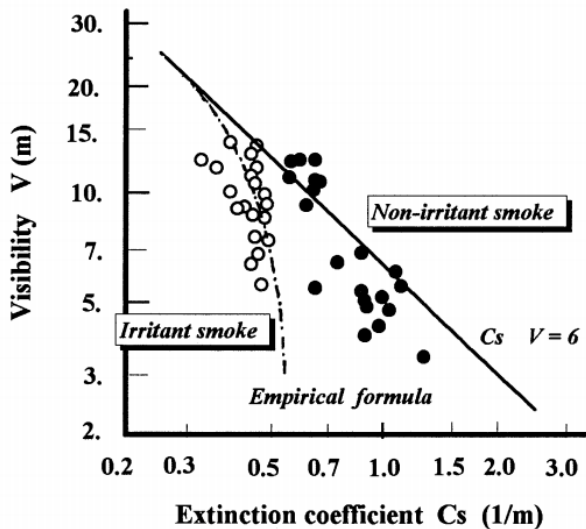
4.5.3 Analisa Evakuasi Permodelan Kebakaran

Permodelan kebakaran telah menghasilkan luaran yang dapat diintegrasikan dengan permodelan evakuasi. Hal tersebut dapat memudahkan dalam menganalisa dampak yang mengakibatkan perubahan waktu evakuasi pada variasi kasus tersebut.

Terjadinya gradasi pada kecepatan berjalan setiap agen dapat dipengaruhi oleh asap dan suhu. Seperti yang di tunjukkan oleh Jin, Tadahisa dalam bukunya “*Studies on Human Behavior and Tenability in Fire Smoke*” menunjukkan bahwa sebuah koridor panjang 20 meter dipenuhi asap. Asap putih yang sangat mengiritasi mata diproduksi oleh pembakaran boks kayu, asap hitam kurang iritan diproduksi oleh pembakaran minyak tanah. Agen diperintahkan untuk berjalan ke koridor dari ujung, untuk merekam tempat di mana mereka melihat nyala tanda FIRE EXIT di ujung koridor. Untuk batas tanda yang terlihat kabur, hubungan berikut dapat disajikan dalam Cs. Kecepatan berjalan konstan, tetapi untuk visibilitas dari agen menurun. Visibilitas atau kemampuan melihat dalam asap yang mengiritasi menurun tajam pada kepadatan asap melebihi tingkat tertentu. Dalam asap yang mengiritasi dengan konsentrasi tebal, mata tidak bisa terbuka untuk waktu yang lama dan agen tidak bisa melihat kata-kata pada tanda-tanda evakuasi. Bahkan dalam hal ini, ketika tanda-tanda begitu sederhana atau akrab dengan penumpang maupun ABK untuk dapat dipahami secara sekilas, efek iritasi asap mungkin tidak menyebabkan masalah untuk dikenali. Iritasi asap mengurangi visibilitas agen, apalagi apabila terdapat kemungkinan untuk keadaan panik.

4.5.4 Penurunan Kecepatan Berjalan

Untuk permasalahan pengaruh asap terhadap perilaku agen akibat visibilitas diabaikan karena pada permodelan evakuasi tidak dapat menginput visibilitas pengelihatan dalam permodelan simulasinya.

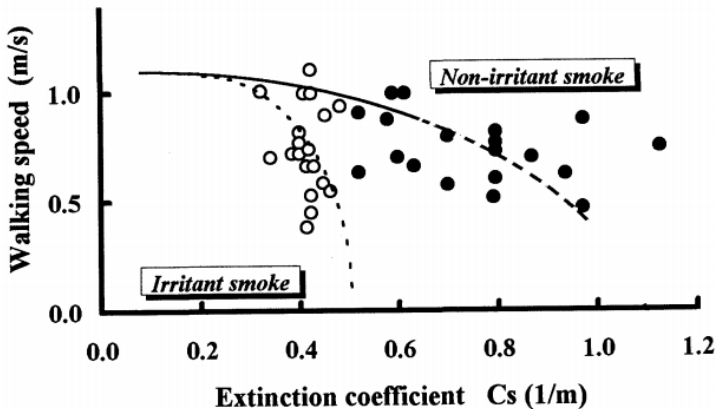


Gambar 4.46 Grafik Extinction Coefficient terhadap visibility
Sumber : Studies on Human Behavior and Tenability in Fire Smoke

Gambar 4.46 diatas menunjukkan bahwa visibility dapat dikonversi menjadi C_s untuk mendapatkan nilai gradasi dari kecepatan berjalan. Hal yang dapat dimungkinkan dari pengaruh asap yang menyebabkan pengaruh terhadap agen adalah pengaruh terhadap kecepatan berjalan.

Kedua faktor yakni kepadatan asap dan iritasi mempengaruhi kecepatan berjalan (Jin, Tadahisa). Jenis asap yang

dipilih adalah asap yang iritan, dengan maksud adalah kemungkinan terburuk dari simulasi kebakaran yang dimodelkan.



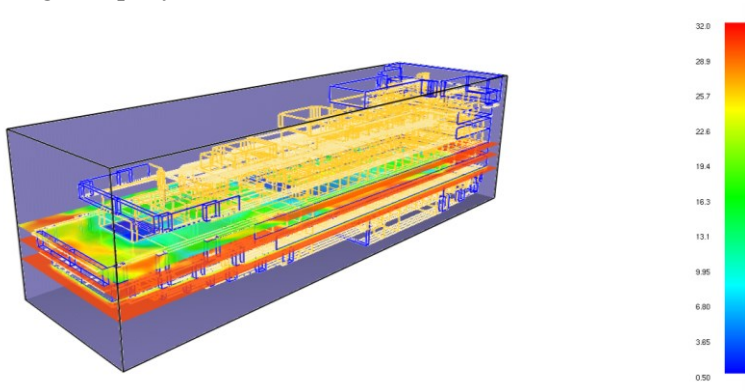
Gambar 4.47 Grafik Konversi kecepatan berjalan terhadap pengaruh asap

Sumber : Studies on Human Behavior and Tenability in Fire Smoke

Gambar 4.47 diatas merupakan grafik yang menunjukkan bahwa kecepatan berjalan berkurang secara bertahap sejalan dengan meningkatkan kepadatan asap. Namun, dalam asap yang mengakibatkan iritasi penurunan kecepatan sangat signifikan di wilayah lebih dari tingkat kepadatan asap tertentu. Dari pengamatan percobaan ini, penurunan tajam ini kecepatan berjalan dijelaskan oleh gerakan agen, mereka tidak bisa menjaga mata mereka terbuka, kemudian mereka berjalan zigzag atau langkah demi langkah di sepanjang sisi dinding.

Konversi kecepatan ini ditentukan dengan menentukan tingkat visibilitas yang berbeda. Tingkat visibilitas pada setiap tempat akan berbeda, oleh karena itu diambil nilai secara umum

terhadap nilai visibilitas yang diambil untuk mewakili seluruh ruangan kapal yakni 20 m.



Gambar 4.48 Grafik Planar Visibilitas

Pada gambar 4.48 diatas menunjukkan bahwa luaran dari permodelan juga dapat disajikan dalam grafik planar seperti gambar diatas.

Setelah menentukan nilai visibilitas secara keseluruhan, maka selanjutnya adalah menentukan nilai C_s dan selanjutnya menentukan nilai gradasi dari kecepatan berjalan. Cara untuk menentukan C_s dan penurunan kecepatan berjalan yakni dengan interpolasi grafik dengan nilai visibilitas yang ditentukan. Setelah nilai degradasi kecepatan didapatkan yakni 0,8 maka kecepatan berjalan pada semua agen dikonversi menjadi 0,8 kecepatan berjalan pada kondisi normal dengan asumsi seluruh nilai visibilitas yang konstan. Berikut hasil nilai kecepatan berjalan setelah dikonversi menjadi kecepatan berjalan pada permodelan kebakaran.

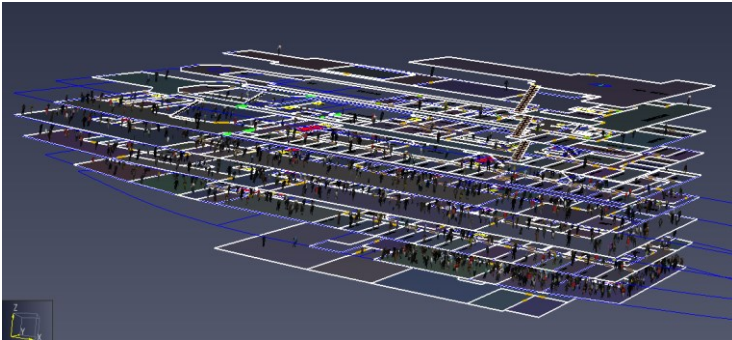
Tabel 4.20 Hasil Proses Simulasi Traveling Time Pada Kasus Kebakaran

Populasi Penumpang	Kecepatan Berjalan Pada Permodelan Kebakaran (m/s)	
	Min	Maks
Pria Usia Kurang dari 30	0,41	1,22
Pria Usia 30-50	0,54	1,08
Pria Usia Lebih dari 50	0,37	1,07
Wanita Usia Kurang dari 30	0,35	0,93
Wanita Usia 30-50	0,45	0,97
Wanita Usia Lebih dari 50	0,39	0,87
Populasi ABK	Kecepatan Berjalan Pada Permodelan Kebakaran (m/s)	
	Min	Maks
Pria	0,65	0,99

Tabel 20. merupakan hasil dari konversi kecepatan untuk simulasi evakuasi kebakaran. Sesuai dengan grafik visibilitas yang digunakan dan jenis asap yang dipilih yakni asap yang iritan, maka nilai C_s minimum adalah 0,5 untuk kecepatan berjalan sama dengan nol. sedangkan pada device yang dipasang pada permodelan sebelumnya, nilai visibilitas asap yang dipakai pada setiap tangga nilai C_s tertinggi pada akses tangga yang dimungkinkan untuk tidak digunakan dalam mengevakuasi seluruh penumpang dan ABK kapal adalah tangga bagian belakang untuk akses penumpang dan ABK. Untuk tangga yang hanya dapat diakses oleh ABK tidak dapat digunakan untuk mengevakuasi semua agen, selain itu letak tangga akses ABK ini letaknya berdekatan dengan sumber api yang mempunyai konsentrasi asap yang relatif tinggi dibandingkan dengan akses tangga lainnya. Akses tangga yang memungkinkan untuk dipakai untuk evakuasi adalah akses tangga bagian depan. Meskipun letaknya lebih jauh dari *muster area*, tetapi konsentrasi asap yang relatif lebih sedikit daripada akses tangga lainnya.

Pada permodelan evakuasi ini tangga-tangga yang tidak digunakan dalam proses evakuasi dari kasus kebakaran ini dihilangkan agar simulasi sesuai dengan asumsi yang digunakan

yakni tangga yang dianggap tidak memungkinkan untuk diakses tidak digunakan.



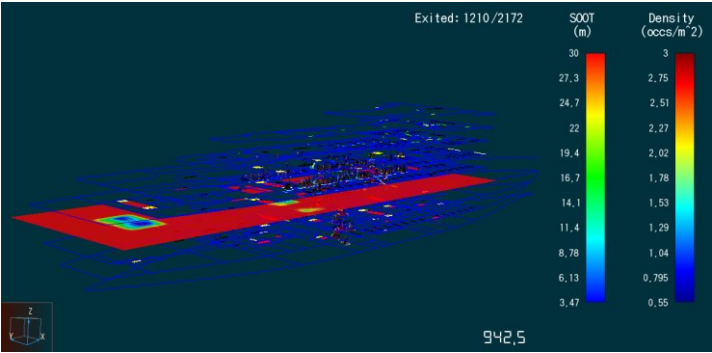
Gambar 4.49 Permodelan evakuasi untuk kasus kebakaran

Gambar 4.49 merupakan permodelan evakuasi dalam kasus kebakaran yang semua variabelnya telah disesuaikan berdasarkan kasus kebakaran dan siap untuk dilakukan simulasi evakuasi.

4.5.5 Hasil Perhitungan Evaluasi Evakuasi Kasus Kebakaran

Setelah permodelan dijalankan maka langkah selanjutnya adalah mengevaluasi hasil dari simulasi permodelan evakuasi. Permodelan ini dilakukan sama dengan permodelan simulasi yang lainnya yakni pada kasus siang dan malam.

Untuk memperjelas permodelan kebakaran yang berdampak pada proses simulasi evakuasi, maka hasil luaran FDS yang berupa grafik planar ditambahkan pada hasil simulasi evakuasi. Penambahan grafik tersebut digunakan untuk meyakinkan dan mengevaluasi proses simulasi.



Gambar 4.50 Permodelan evakuasi untuk kasus kebakaran

Gambar 4.50 merupakan perpaduan hasil dari simulasi permodelan kebakaran dan simulasi permodelan evakuasi. Pada hasil permodelan ini, permodelan evakuasi dapat ditambah dengan grafik planar hasil permodelan simulasi kebakaran, sehingga dapat terlihat area yang terdampak oleh kebakaran dan dapat di analisa lebih lanjut.

Setelah permodelan ini dilakukan, hasil yang didapat pada simulasi *travelling time* ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4.21 Hasil Proses Simulasi Traveling Time Pada Kasus Kebakaran

Waktu	Permodelan Kasus	Travelling Time (menit)
Siang	Kebakaran	31,59
Malam		37,10

Tabel 4.21 merupakan hasil dari permodelan simulasi evakuasi yang menghasilkan *traveling time* yang selanjutnya diolah kembali untuk mendapatkan waktu total evakuasi pada sebuah kasus. IMO MSC.1 Circ/1238 memberikan rumusan perhitungan waktu total proses evakuasi sebagai berikut :

$$1,25 T + 2/3 (E+L) \leq n$$

$$(E+L) \leq 30 \text{ Menit}$$

Sehingga masing-masing kasus kebakaran diatas dapat dicari waktu total evakuasinya. Hingga mendapatkan waktu total evakuasi pada masing-masing kasus seperti yang tersaji pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Evacuation Time Pada Kasus Kebakaran

Waktu	Permodelan Kasus	Evacuation Time (menit)
Siang	Kebakaran	59,49
Malam		66,37

Tabel 4.22 merupakan hasil akhir dari waktu total evakuasi pada permodelan kebakaran. Dari hasil perhitungan waktu total simulasi proses evakuasi pada kondisi kebakaran maka didapatkan perbandingan dengan kondisi normal sesuai dengan kondisi waktu proses simulasi. Maka didapatkan perbedaan yakni untuk kasus waktu siang (kasus 2 pada simulasi evakuasi normal) dibandingkan dengan waktu total untuk evakuasi pada kebakaran di siang hari waktu total evakuasi naik sebesar 34% dan pada kondisi Kebakaran di malam hari naik sebesar 22%.

Dengan demikian perbedaan yang dihasilkan dapat membuktikan bahwa pada kondisi membutuhkan waktu yang relatif lebih besar dibanding waktu yang dibutuhkan pada kondisi normal.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Tabel 1. Hasil Pengukuran kecepatan berjalan Pada Kondisi Normal

Data Kecepatan Berjalan Penumpang dan ABK						
Pria			Wanita			ABK Pria
<30	30-50	>50	<30	30-50	>50	
1,28	1,13	0,97	1,17	0,56	0,63	0,96
1,34	1,07	0,94	0,97	1,09	0,74	1,09
1,11	0,87	1,29	1,11	1,21	0,64	1,17
0,96	1,21	0,79	0,72	0,85	0,92	1,02
1,06	1,01	0,83	0,96	1,13	0,52	0,97
0,97	0,93	0,82	1,03	0,72	0,52	1,05
1,14	0,81	0,84	1,16	1,07	0,49	0,96
1,11	0,73	0,94	0,69	0,94	0,80	1,19
0,75	0,82	0,71	0,53	0,85	0,79	1,15
1,5	1,33	0,54	0,83	0,93	0,68	1,04
0,93	0,81	0,51	0,44	0,90	0,73	1,09
0,82	0,92	0,46	0,94	0,72	0,66	0,81
1,29	0,84	0,6	0,71	0,74	0,73	0,85
1,07	1,07	1,34	1,14	0,57	1,01	1,09
0,54	1,12	1,01	1,06	0,63	0,89	0,89
1,16	1,14	0,96	1,14	1,02	0,67	1,24
0,94	1,02	1,06	0,86	0,75	0,61	1,1
0,89	0,78	1,09	0,82	1,12	0,82	0,94
1,42	0,73	1,08	0,95	1,06	0,79	1,13
1,32	0,74	0,75	1,02	0,98	0,58	1,02
0,79	0,69	0,85	1,15	0,79	0,89	0,9
1,44	0,77	0,96	1,05	0,59	1,05	1,14
0,71	1,1	1,29	0,99	0,74	0,81	0,87
1,52	1,3	1,08	0,74	0,64	0,60	1,04
0,78	0,88	0,83	0,72	0,88	0,71	0,92
1,32	0,73	0,66	0,74	0,95	0,92	0,89
0,95	1,22	0,83	0,57	0,78	0,73	1,2
0,78	1,26	0,88	0,63	1,07	1,09	0,94
0,67	0,67	0,71	0,79	1,10	0,90	1,02
0,51	1,35	0,51	0,68	0,92	0,50	0,9
0,58	1,2		0,73			1,09
1,14	1,12					1,04
	0,92					1,19
						0,88

UJI NORMALITAS DATA KECEPATAN PENUMPANG DAN ABK

- a. Uji Normalitas Data Kecepatan Berjalan Pria Usia Kurang
Dari 30 Pada Kondisi Normal

Jumlah Sampel : 32

Hasil Uji Distribusi Anderson-Darling

Rata-rata : 1,025

Standar Deviasi : 0,2859

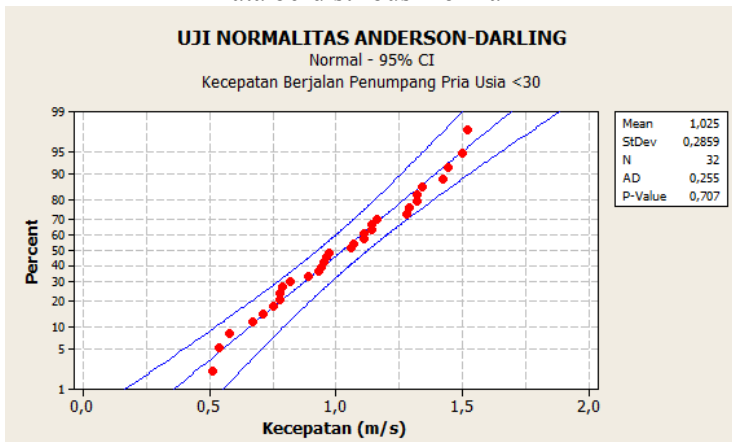
AD Value : 0,255

P-Value : 0,707

Kesimpulan :

$\alpha < P\text{-value}$, tolak H_1 , H_0 diterima.

“Data berdistribusi normal”



Gambar 1. Grafik Uji Distribusi Kecepatan Berjalan
Penumpang Pria Usia Kurang Dari 30

b. Uji Normalitas Data Kecepatan Berjalan Pria Usia 30-50 Pada Kondisi Normal

Jumlah Sampel : 33

Hasil Uji Distribusi Anderson-Darling

Rata-rata : 0,9785

Standar Deviasi : 0,2064

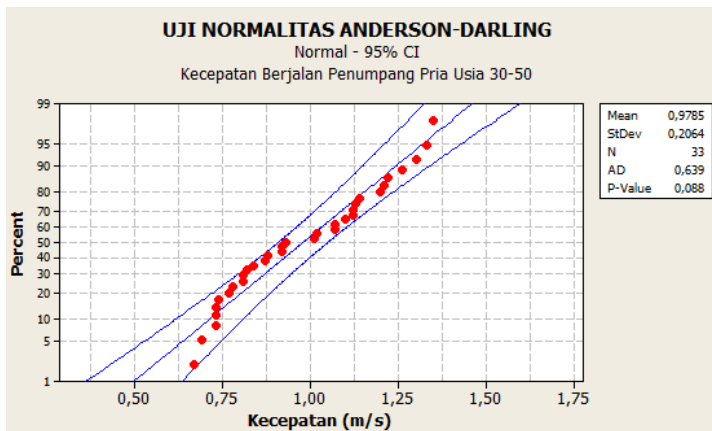
AD Value : 0,629

P-Value : 0,088

Kesimpulan :

$\alpha < P\text{-value}$, tolak H_1 , H_0 diterima.

“Data berdistribusi normal”



Gambar 2. Grafik Uji Distribusi Kecepatan Berjalan Penumpang Pria Usia 30-50

- c. Uji Normalitas Data Kecepatan Berjalan Pria Usia Lebih dari 50 Pada Kondisi Normal

Jumlah Sampel : 30

Hasil Uji Distribusi Anderson-Darling

Rata-rata : 0,871

Standar Deviasi : 0,2301

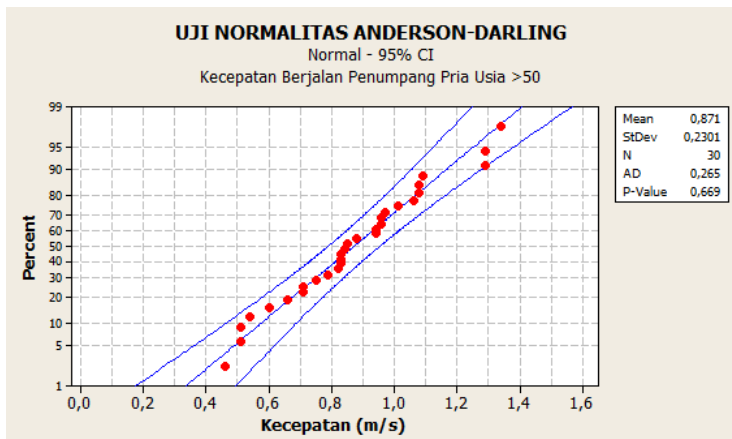
AD Value : 0,265

P-Value : 0,669

Kesimpulan :

$\alpha < P\text{-value}$, tolak H_1 , H_0 diterima.

“Data berdistribusi normal”



Gambar 3. Grafik Uji Distribusi Kecepatan Berjalan Penumpang Pria Usia Lebih dari 50

d. Uji Normalitas Data Kecepatan Berjalan Wanita Usia Kurang Dari 30 Pada Kondisi Normal

Jumlah Sampel : 31

Hasil Uji Distribusi Anderson-Darling

Rata-rata : 0,8727

Standar Deviasi : 0,2049

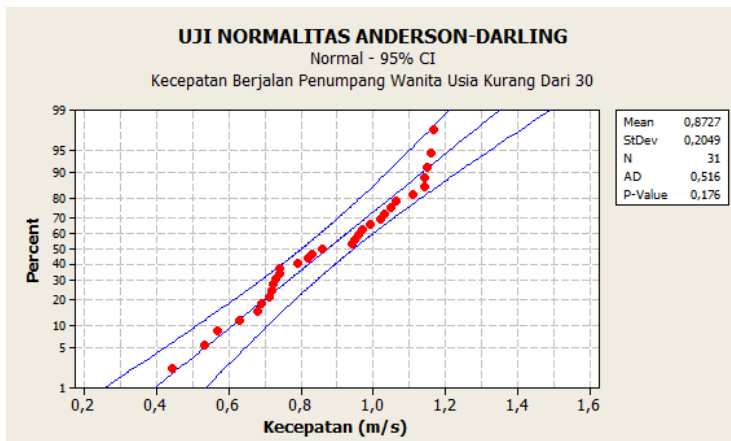
AD Value : 0,516

P-Value : 0,176

Kesimpulan :

$\alpha < P\text{-value}$, tolak H_1 , H_0 diterima.

“Data berdistribusi normal”



Gambar 4. Grafik Uji Distribusi Kecepatan Berjalan Penumpang Wanita Usia Kurang Dari 30

- e. Uji Normalitas Data Kecepatan Berjalan Wanita Usia 30-50 Pada Kondisi Normal

Jumlah Sampel : 30

Hasil Uji Distribusi Anderson-Darling

Rata-rata : 0,8769

Standar Deviasi : 0,1857

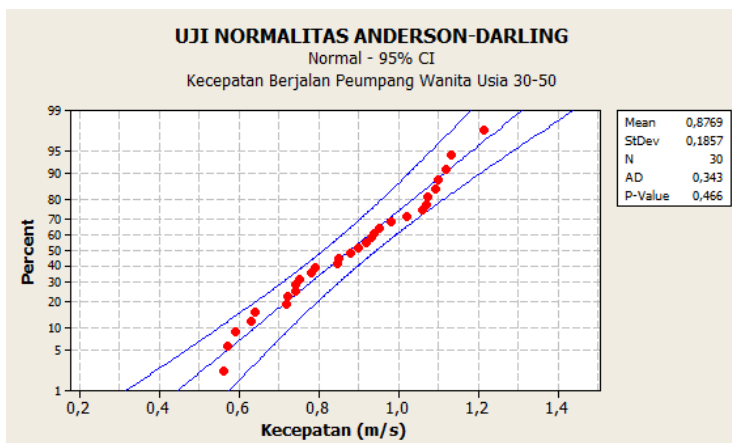
AD Value : 0,343

P-Value : 0,466

Kesimpulan :

$\alpha < P\text{-value}$, tolak H_1 , H_0 diterima.

“Data berdistribusi normal”



Gambar 5. Grafik Uji Distribusi Kecepatan Berjalan Penumpang Wanita Usia 30-50

- f. Uji Normalitas Data Kecepatan Penumpang Wanita Usia Lebih Dari 50 Pada Kondisi Normal

Jumlah Sampel : 30

Hasil Uji Distribusi Anderson-Darling

Rata-rata : 0,7468

Standar Deviasi : 0,1625

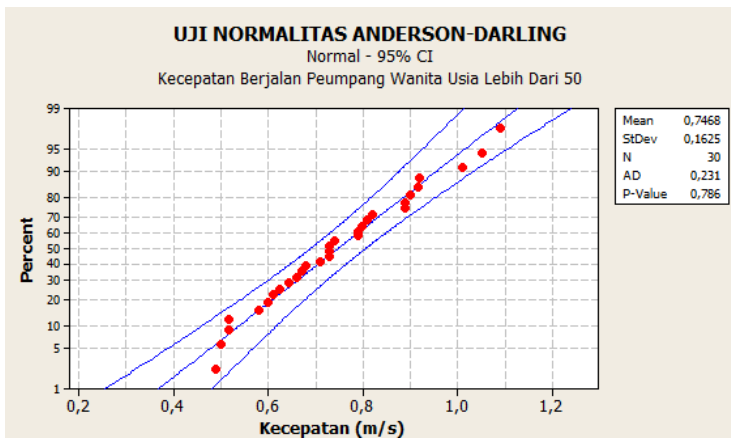
AD Value : 0,231

P-Value : 0,786

Kesimpulan :

$\alpha < P\text{-value}$, tolak H_1 , H_0 diterima.

“Data berdistribusi normal”



Gambar 6. Grafik Uji Distribusi Kecepatan Berjalan Penumpang Pria Usia Kurang Dari 30

g. Uji Normalitas Data Kecepatan ABK Pria Pada Kondisi Normal

Jumlah Sampel : 34

Hasil Uji Distribusi Anderson-Darling

Rata-rata : 1,023

Standar Deviasi : 0,1158

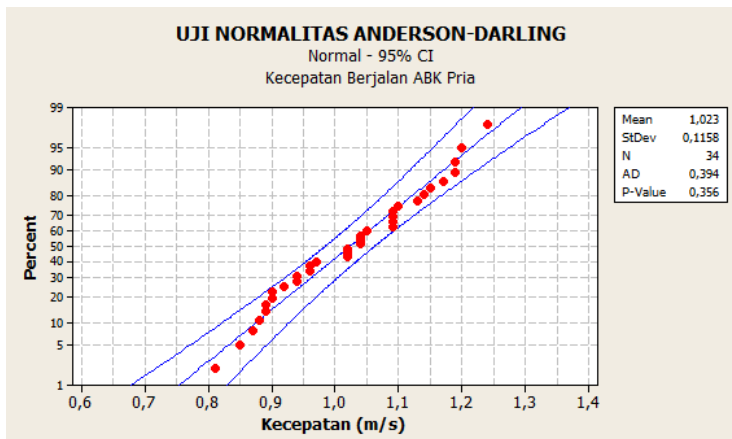
AD Value : 0,394

P-Value : 0,354

Kesimpulan :

$\alpha < P\text{-value}$, tolak H_1 , H_0 diterima.

“Data berdistribusi normal”



Gambar 7. Grafik Uji Distribusi Kecepatan Berjalan ABK Pria

DATA PENUMPANG EMBARKASI DEBARKASI

Kapal : GUNUNG DEMPO

Embarkasi : Nabire

Tgl/Jam : 04-03-2015

Tahun/Voy : 2016/5

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Tanjung Priok	Pria	5	2	0	7
	Wanita	39	6	1	46
					53

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Surabaya	Pria	31	27	5	63
	Wanita	15	58	2	75
					138

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Makassar	Pria	18	31	0	49
	Wanita	19	1	0	20
					69

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Sorong	Pria	14	29	0	43
	Wanita	24	3	2	29
					72

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Manokwari	Pria	31	22	3	56
	Wanita	24	9	4	37
					93

Kapal : GUNUNG DEMPO

Embarkasi : Manokwari

Tgl/Jam : 05-03-2015

Tahun/Voy : 2016/5

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Tanjung Priok	Pria	9	11	2	22
	Wanita	5	1	2	8
					30

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Surabaya	Pria	36	23	18	77
	Wanita	12	12	1	25
					102

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Makassar	Pria	6	7	1	14
	Wanita	9	3	3	15
					29

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Sorong	Pria	30	19	12	61
	Wanita	33	20	9	62
					123

Kapal : DEMPO
Embarkasi : Sorong
Tgl/Jam : 06-03-2015
Tahun/Voy : 2016/5

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Tanjung Priok	Pria	4	0	0	4
	Wanita	4	2	0	6
					10

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Surabaya	Pria	68	80	14	162
	Wanita	52	17	6	75
					237

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Makassar	Pria	36	24	6	66
	Wanita	26	20	5	51
					117

Kapal : DEMPO
Embarkasi : Makassar
Tgl/Jam : 08-03-2015
Tahun/Voy : 2015/5

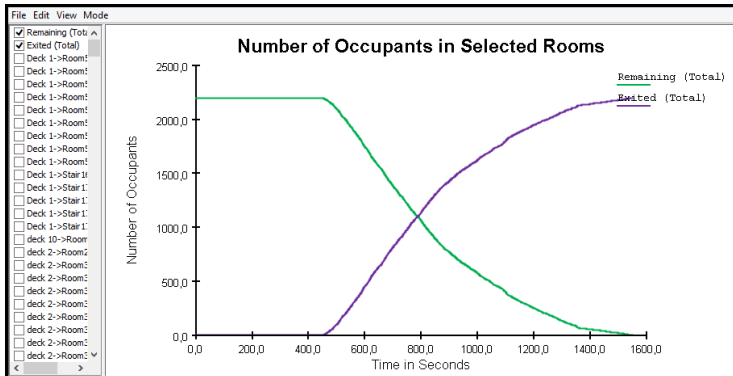
Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Tanjung Priok	Pria	5	1	0	6
	Wanita	0	2	0	2
					8

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Surabaya	Pria	13	16	5	34
	Wanita	10	0	0	10
					44

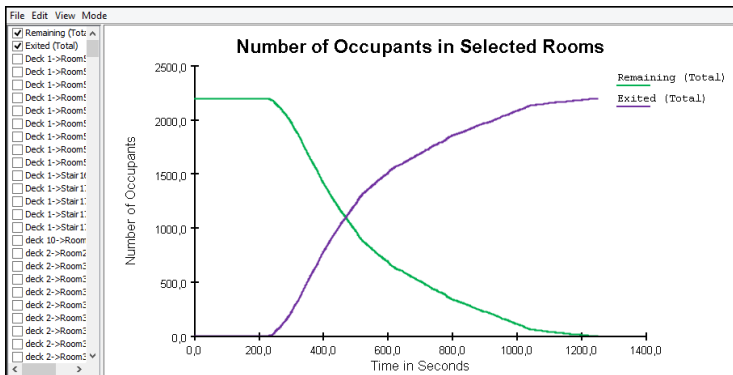
Kapal : DEMPO
Embarkasi : Surabaya
Tgl/Jam : 10-03-2015
Tahun/Voy : 2015/5

Debarkasi	Jenis Kelamin	Usia			Total
		< 30	30 - 50	> 50	
Tanjung Priok	Pria	1	0	0	1
	Wanita	0	0	0	0
					1

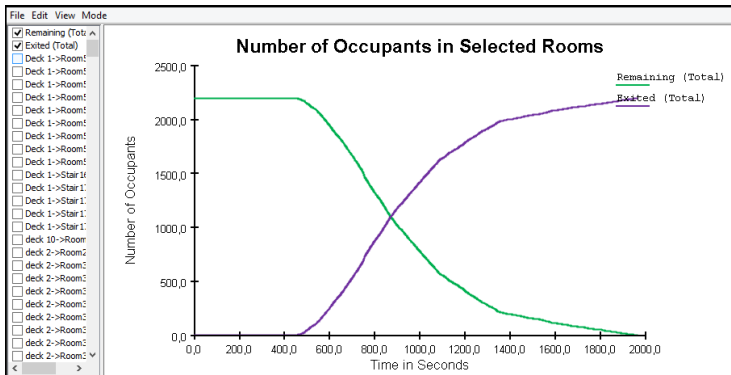
GRAFIK HASIL UJI SIMULASI PADA KASUS NORMAL



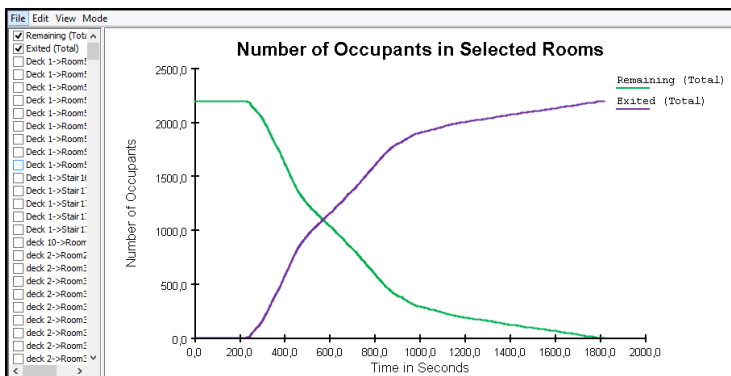
Gambar 8. Hasil Simulasi Kasus 1



Gambar 9. Hasil Simulasi Kasus 2

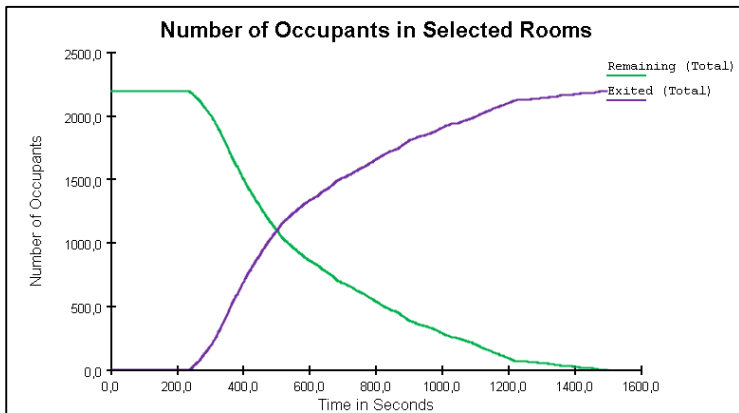


Gambar 10. Hasil Simulasi Kasus 3

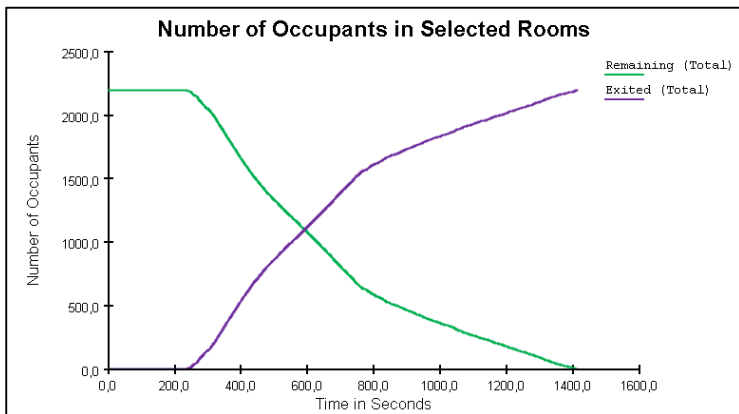


Gambar 11. Hasil Simulasi Kasus 4

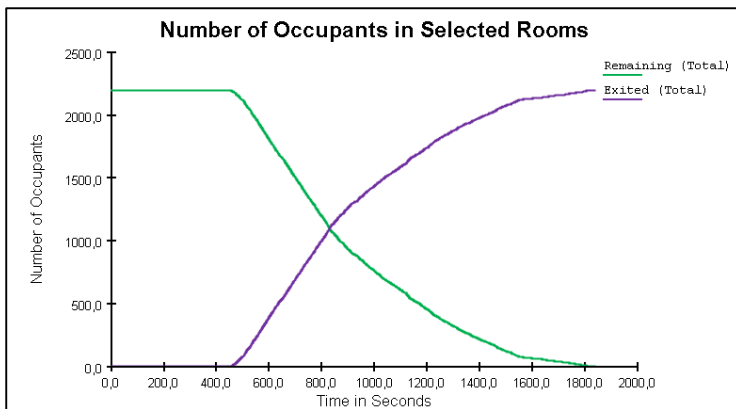
GRAFIK HASIL UJI SIMULASI PADA KASUS *LIST*



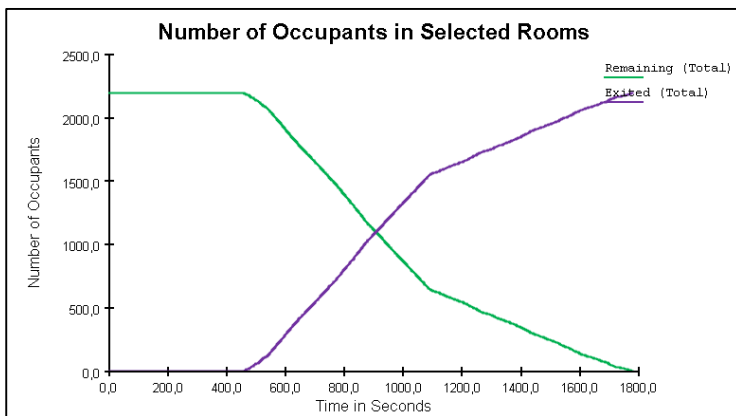
Gambar 11. Hasil Simulasi Siang Dengan *Trim* 10^0



Gambar 12. Hasil Simulasi Siang Dengan *Heel* 20^0

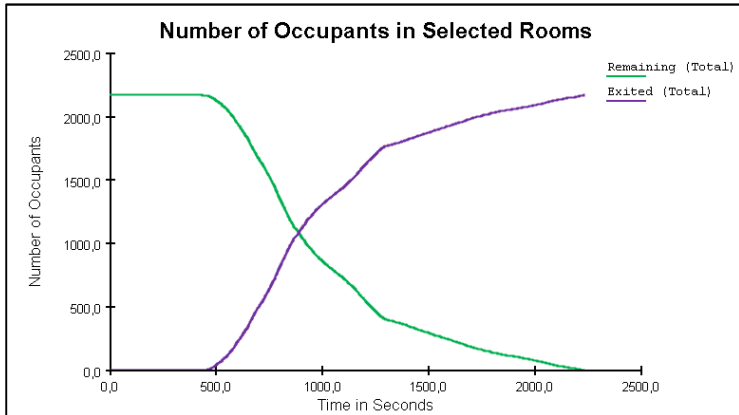


Gambar 13. Hasil Simulasi Malam Dengan *Trim* 10⁰

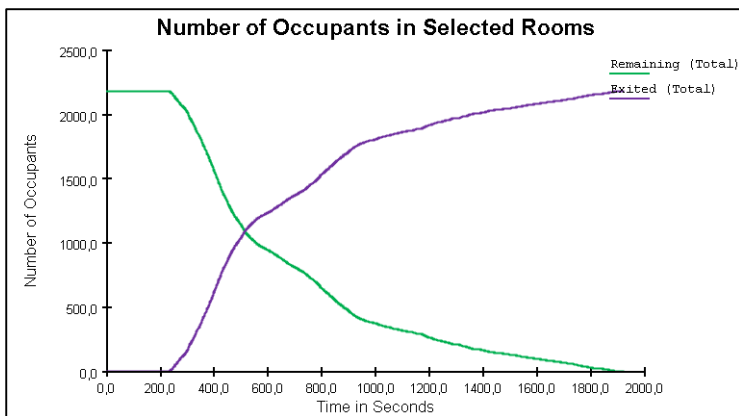


Gambar 14. Hasil Simulasi Malam Dengan *Heel* 20⁰

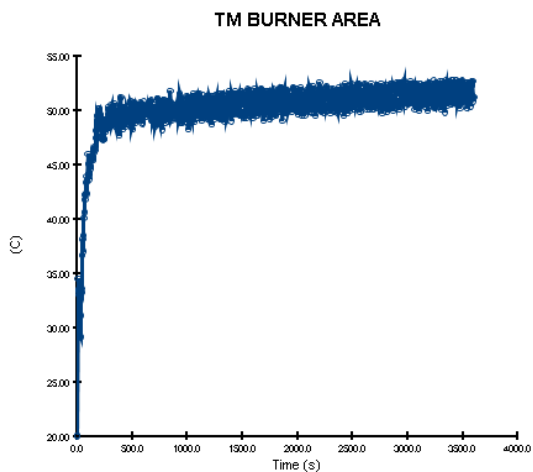
GRAFIK HASIL UJI SIMULASI PADA KASUS KEBAKARAN



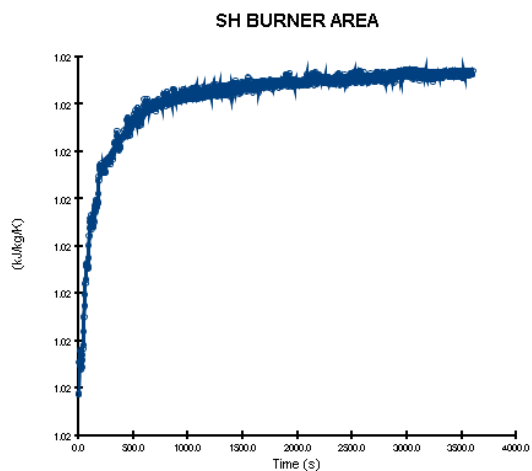
Gambar 15. Hasil Simulasi Malam Dengan Kasus Kebakaran



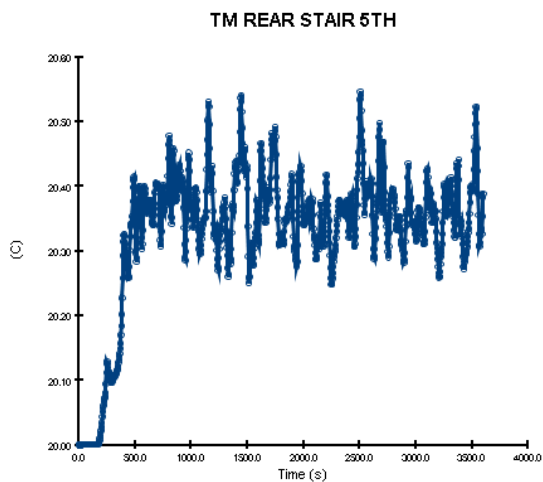
Gambar 16. Hasil Simulasi Siang Dengan Kasus Kebakaran



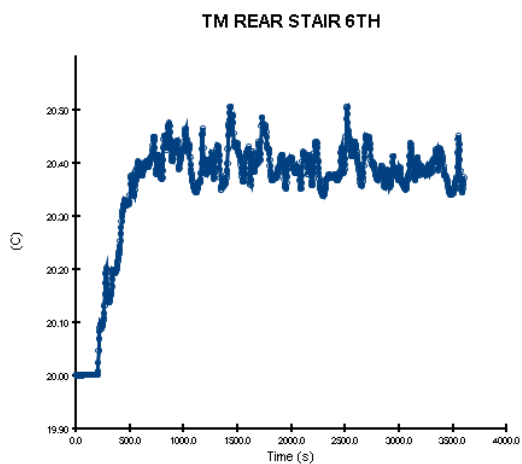
Gambar 17 Thermometer Pada Sumber Api



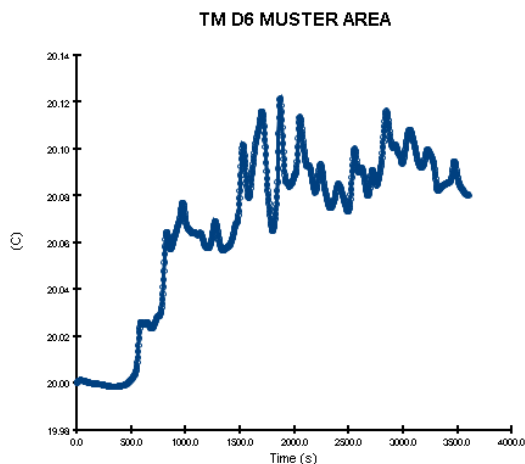
Gambar 18 Kalor Spesifik Pada Sumber Api



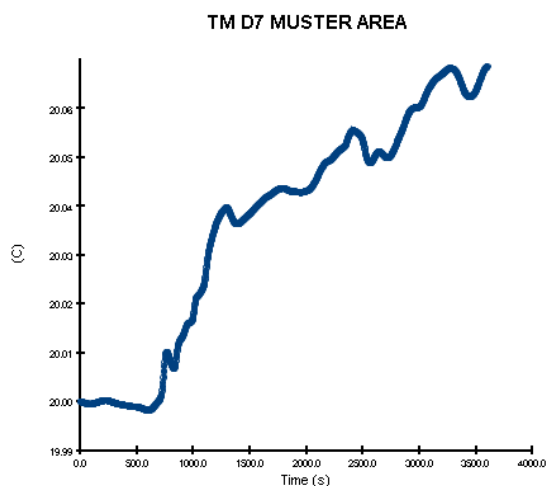
Gambar 19 Thermometer Pada Tangga Belakang Dek 6



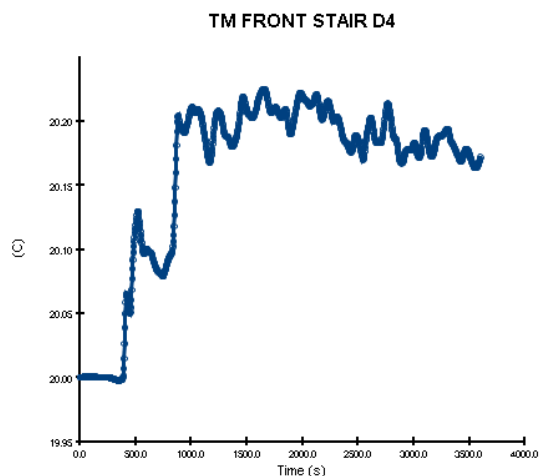
Gambar 20 Thermometer Pada Tangga Depan Dek 6



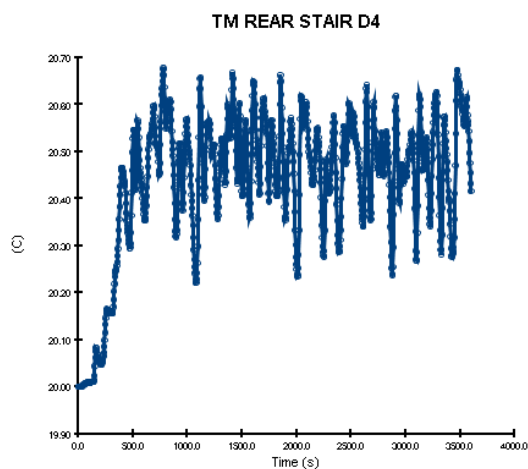
Gambar 21 Thermometer Pada Muster Area Dek 6



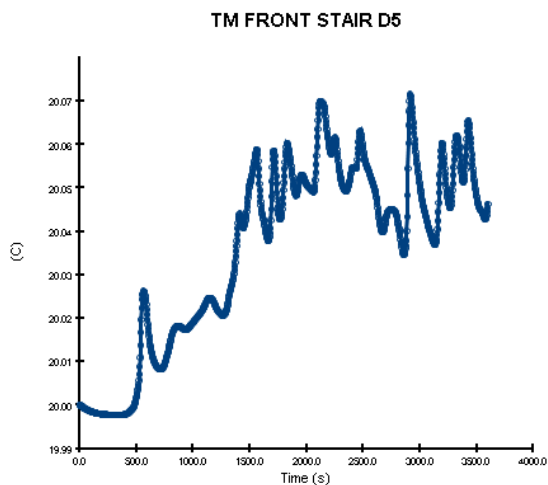
Gambar 22 Thermometer Pada Muster Area Dek 7



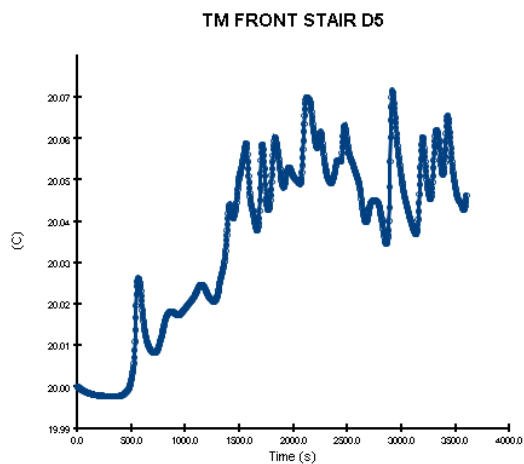
Gambar 23 Thermometer Pada Tangga Depan Dek 4



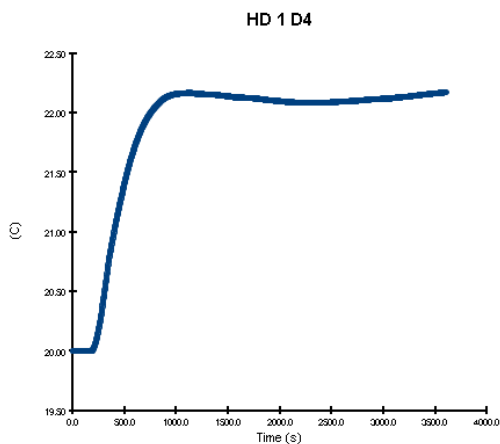
Gambar 24 Thermometer Pada Tangga Belakang Dek 4



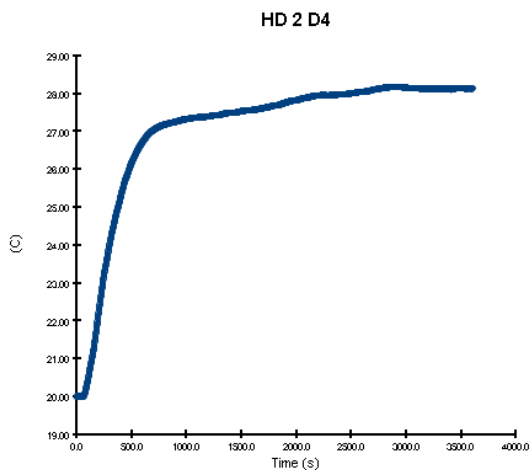
Gambar 25 Thermometer Pada Tangga Depan Dek 5



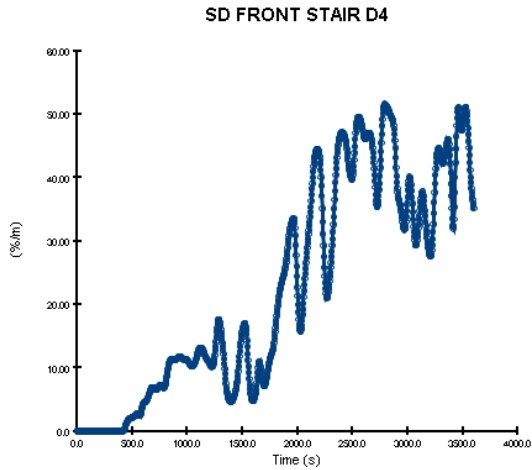
Gambar 26 Thermometer Pada Tangga Belakang Dek 5



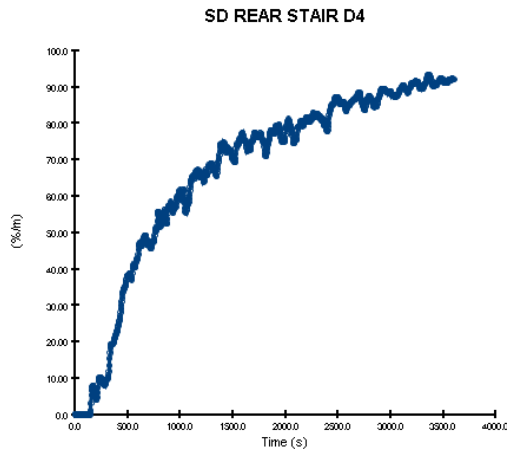
Gambar 27 Pendeteksi Panas Dek 4



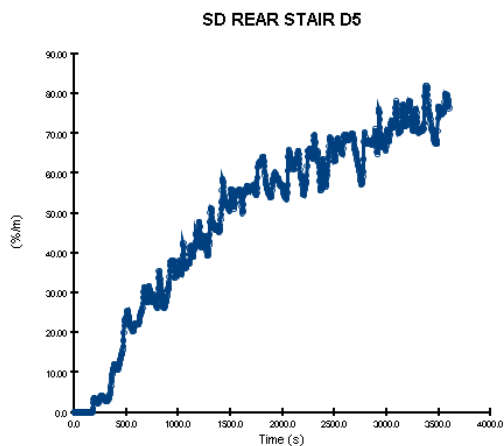
Gambar 28 Pendeteksi Panas Dek 4



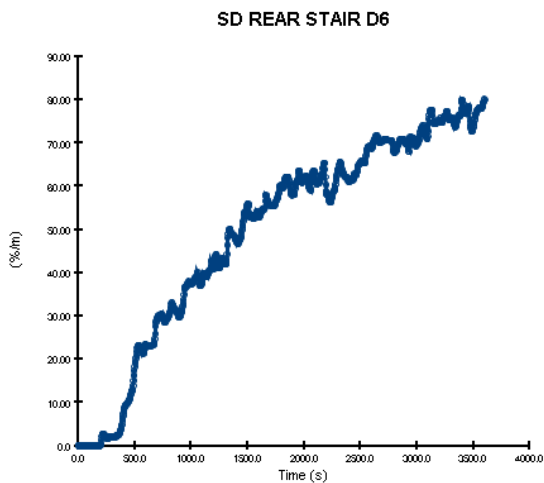
Gambar 29 Pendeteksi Asap Tangga Depan Dek 4



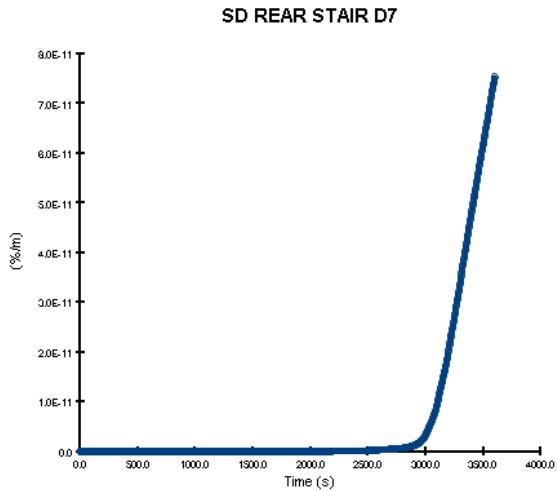
Gambar 30 Pendeteksi Asap Tangga Belakang Dek 4



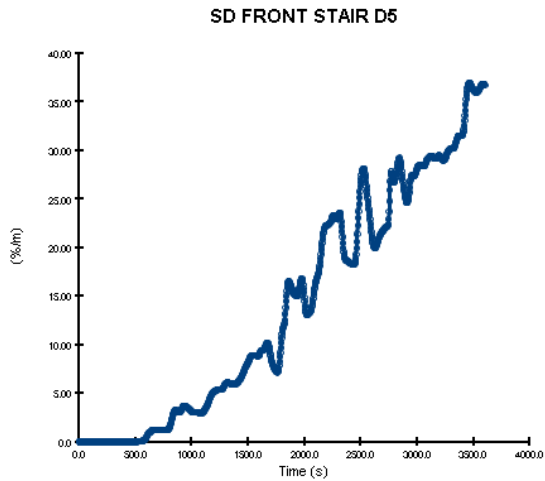
Gambar 31 Pendeteksi Asap Tangga Belakang Dek 5



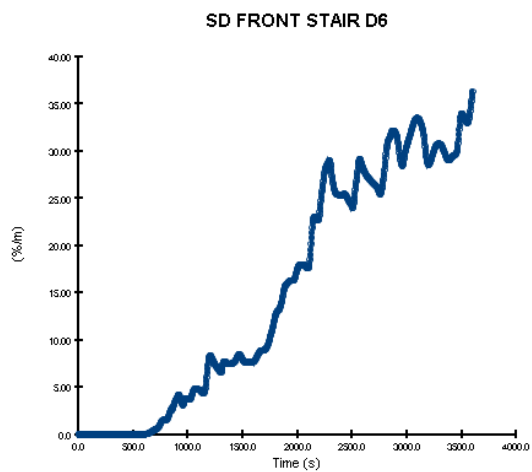
Gambar 32 Pendeteksi Asap Tangga Belakang Dek 6



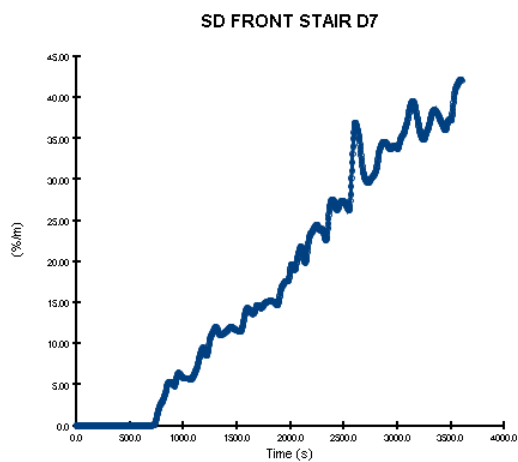
Gambar 33 Pendeteksi Asap Tangga Belakang Dek 7



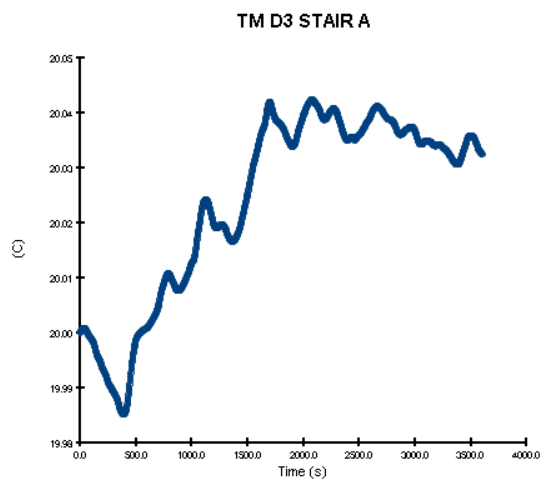
Gambar 34 Pendeteksi Asap Tangga Depan Dek 5



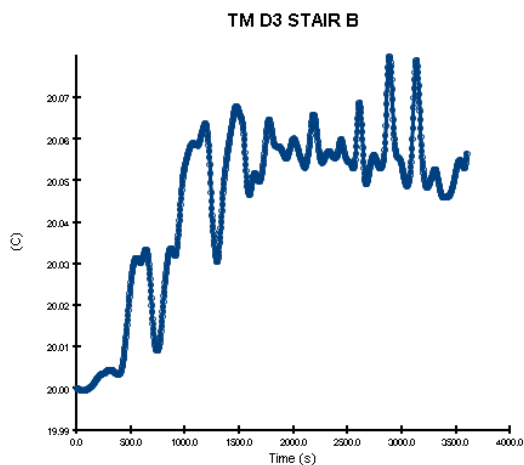
Gambar 35 Pendeteksi Asap Tangga Depan Dek 6



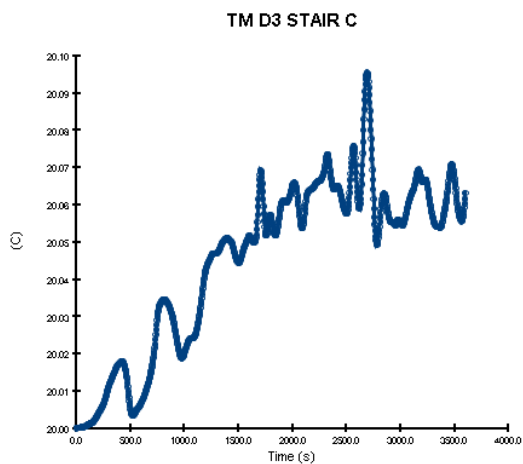
Gambar 36 Pendeteksi Asap Tangga Depan Dek 7



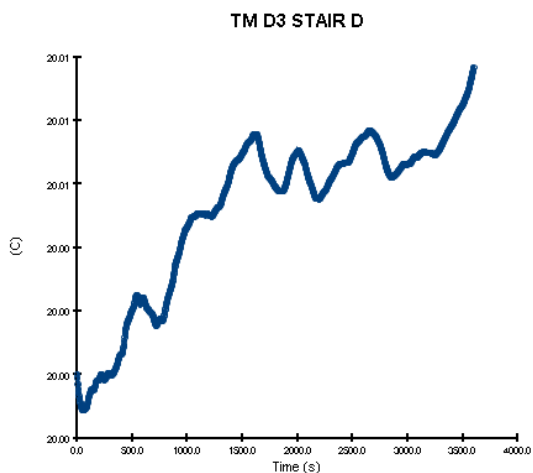
Gambar 37 Pendeteksi Asap Tangga A Dek 3



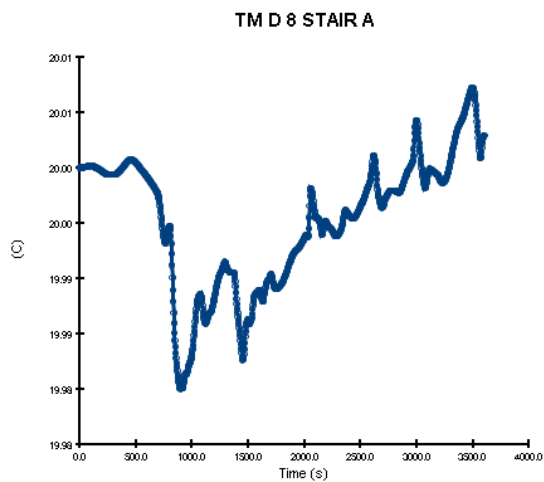
Gambar 38 Pendeteksi Asap Tangga B Dek 3



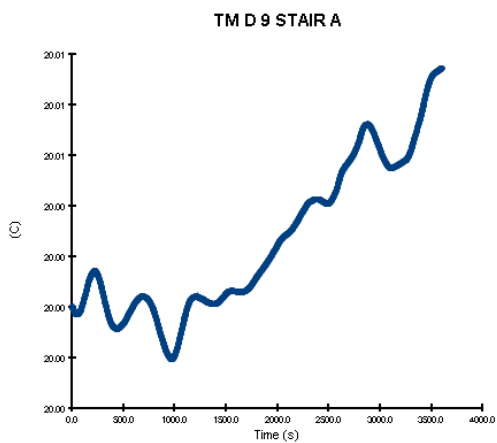
Gambar 39 Pendeteksi Asap Tangga C Dek 3



Gambar 40 Pendeteksi Asap Tangga D Dek 3



Gambar 41 Thermometer tangga A Dek 8



Gambar 42 Thermometer Tangga A Dek 9

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan simulasi yang telah dilakukan dengan berstandar pada IMO MSC.1/Circ.1238 mengenai proses evakuasi pada kapal penumpang, beserta standar dan sumber lainnya dengan variasi evakuasi normal, *list* dan kebakaran maka kesimpulan dari tugas akhir ini adalah :

1. Pengaruh bahaya kebakaran dan kandasnya kapal yang mengakibatkan kapal tenggalam atau terbalik dengan proses evakuasi penumpang mempengaruhi proses berjalannya evakuasi pada kapal penumpang. Hal tersebut dibuktikan dengan tidak berfungsinya sebagian jalur akses maupun *muster area* dan penambahan waktu untuk proses evakuasi yang disebabkan oleh dampak dari terjadinya kecelakaan atau bencana terkait.
2. Karakteristik penumpang kapal dan ABK terkait kecepatan berjalan pada masing-masing kasus berbeda. Pengurangan kecepatan berjalan terjadi ketika kecelakaan atau bencana yang berimbas pada lamanya proses evakuasi, selain itu penyebaran penumpang berbeda pada siang dan malam hari.
3. Cara mensimulasikan proses evakuasi pada saat normal maupun ketika terjadi bahaya yang mengancam pada sebuah kapal dapat menggunakan simulasi yang berdasar pada *Agent Based Model Simulation* (ABMS) dengan kondisi yang relevan sesuai dengan kasus yang dimodelkan. Dengan output waktu, ABMS mampu mewakili waktu total evakuasi secara teoritis, meskipun pada kenyataannya, faktor kesiapan ABK belum termasuk ke dalam proses simulasi. Dari hasil simulasi terlihat bila semua simulasi yang dilakukan memenuhi standar IMO. Bilamana pada kasus nyata, masih terdapat kegagalan proses

evakuasi, menurut analisa penulis faktor yang mempengaruhi yakni kesiapan fisik dan mental para penumpang dalam proses evakuasi pada keadaan bahaya.

4. Perbandingan waktu hasil simulasi, waktu yang tersedia dalam keadaan darurat serta standar yang digunakan adalah sebagai berikut.
 - Standar waktu yang digunakan berdasarkan IMO MSC.1/Circ.1238 pada kapal yang melebihi 3 MVZ yakni maksimal 80 menit.
 - Perhitungan hasil simulasi evakuasi pada kondisi normal yakni kasus utama pada malam hari yakni 54,35 menit, kasus utama di siang hari 44,38 menit, Kasus sekunder malam 63,11 menit dan Kasus sekunder siang 58,24 menit.
 - Perhitungan hasil simulasi pada kasus *list* yakni didapatkan perbandingan dengan kondisi normal sesuai dengan kondisi waktu proses simulasi. Maka didapatkan perbedaan yakni untuk kasus waktu siang (kasus 2 pada simulasi evakuasi normal) dibandingkan dengan waktu total untuk evakuasi pada *trim* 10⁰ waktu total evakuasi naik sebesar 13,1% dan pada kondisi *heel* 20⁰ naik sebesar 9,7%. Sedangkan pada kasus malam, perbedaan waktu total evakuasi pada kasus 1 pada simulasi evakuasi normal dengan waktu total untuk evakuasi pada *trim* 10⁰ naik sebesar 6,8% dan pada kondisi *heel* 20⁰ naik sebesar 5%.
 - Dari hasil perhitungan waktu total simulasi proses evakuasi pada kondisi kebakaran maka didapatkan perbandingan dengan kondisi normal sesuai dengan kondisi waktu proses simulasi. Maka didapatkan perbedaan yakni untuk kasus waktu siang (kasus 2 pada simulasi evakuasi normal) dibandingkan dengan waktu total untuk evakuasi pada kebakaran di siang hari waktu total evakuasi naik sebesar 34% dan pada kondisi Kebakaran di malam hari naik sebesar 22%.

6.2 Saran

Setelah melakukan analisa dan perhitungan waktu evakuasi pada setiap kasus, maka penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya yakni :

- Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi kasus evakuasi pada kondisi *list* dengan kondisi sudut yang dinamis dan terintegrasi dengan kecepatan berjalan pada proses evakuasi.
- Sebaiknya dilakukan penelitian terkait kemungkinan terjadi evakuasi kebakaran yang mana variasi besaran dan karakteristik sumber api ditambah lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- IMO MSC/Circ. 1238. **“Guidelines For Evacuation Analysis For New And Existing Passenger Ships”**. 2007
- IMO MSC/Circ.1033. (2002) **“Interim Guidelines for Evacuation Analysis of New and Existing Passengers Ships”**.
- KNKT. (2013). KNKT Media Release, Jakarta
- Siswanto, N et al. Thesis. (2015). **“Studi Eksperimental dan Simulasi Evakuasi Penumpang Pada Kapal”** . Surabaya . Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Theou, O . **“Measuring Older Adult Gait Speed In Community Settings Using The 30 Foot-Walk At Preferred And Maximum Speed”**.
- R.E. Shannon. (1998). **“Introduction To The Art And Science Of Simulation”**. Texas A&M University.
- US, Department of Transportation, (2010) **“Agent-Based Modeling and Simulation Workshop”**
- Dwahjudi. **“Power Dari Uji Kenormalan Data”**. Surabaya. Universitas Kristen Petra
- M. A. Stephens. **“Journal of the American Statistical Association, Vol. 82, No. 399”**. American Statistical Association.
- Vassalos, D . (1987). **“Passenger Ship Safety-Containing the Risk”**. 2005
- Nichols, Y. Hifi et al. (2010). **“The SAFEGUARD Enhanced Scenarios and Recommendation for Updating MSC.1/Circ.1238”**. London. University of Greenwich, UK.
- Hietaniemi, Jukka dan Mikolla, Esco. **“Design Fires for Fire Safety Engineering”**. VTT Working Papers 139.
- Jin, Tadahisa. **“Studies on Human Behavior and Tenability in Fire Smoke”**. Tokyo. Fire Protection Equipment & Safety Center of Japan.

McGrattan, Kevin et al. (2016) “**Fire Dynamics Simulator User’s Guide**”. Findland. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition.

“**User Manual and Technical Reference of Pathfinder**”. 2016

“**Pyrosim User Manual**”. 2016



Refan Trisna Wijaya,

Penulis dilahirkan di Ponorogo pada tanggal 10 Juli 1994, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TA Bhakti III (Ponorogo), SD Negeri Nampan (Ponorogo), SMP Negeri 2 Ponorogo, dan SMA Negeri 2 Ponorogo. Setelah lulus dari SMA Negeri 2 Ponorogo pada tahun 2012, penulis mengikuti SNM-PTN Undangan (salah satu jalur masuk program S1 ITS) dan diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS, terdaftar dengan NRP 42 12 100 013. Di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan penulis mengambil bidang studi *Reability, Availability, Maintainability and Safety*. Penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa. Anggota aktif Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (HIMASISKAL). Penulis menyelesaikan studi strata satu (S1) dalam delapan semester

e-mail : refantrisnawijaya@gmail.com